钱学森论大成智慧

卢明森　鲍世行　编



清華大學出版社

卢明森，男，辽宁锦县人，1961年北京大学哲学系毕业，北京联合大学教授，从事逻辑学、思维科学教学与研究，主要著作有《创新思维学引论》、《钱学森思维科学思想》等，主要论文有《论形象思维的基本规律》、《钱学森对思维科学的卓越贡献》等。

鲍世行，男，浙江绍兴人，建设部中国城市科学研究会研究员、教授级城市规划师，是我国资深城市规划工作者。曾主持四川攀枝花市城市总体规划。20世纪90年代曾和钱学森长期探讨21世纪城市发展模式问题——山水城市。主要著作有《攀枝花开四十年》、《城市规划新概念新方法》、《城市环境美学研究》，以及《钱学森建筑科学思想探微》、《钱学森论山水城市》等。

钱学森



大成智慧

卢明森　鲍世行　编

清華大学出版社
北　京

图书在版编目(CIP)数据

钱学森论大成智慧 / 卢明森，鲍世行 编. — 北京 ：清华大学出版社，2014

ISBN 978-7-302-38755-8

Ⅰ. ①钱… Ⅱ. ①卢… ②鲍… Ⅲ. ①钱学森（1911～2009）—生平事迹 Ⅳ. ①K826.16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 281512 号

责任编辑：张立红
封面设计：肖　鹏
版式设计：方加青
责任校对：吴　楠
责任印制：刘海龙

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　邮　　编：100084
社 总 机：010-62770175　　邮　　购：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 刷 者：三河市君旺印务有限公司
装 订 者：三河市新茂装订有限公司
经　　销：全国新华书店
开　　本：180mm×260mm　　印　　张：34.75　　字　　数：680 千字
版　　次：2014 年 12 月第 1 版　　印　　次：2014 年 12 月第 1 次印刷
定　　价：69.00 元

产品编号：062882-01

序 言

"大成智慧"思想及其学说，是钱学森先生最重要的创新成果，是他在从事工程技术做出重大贡献的基础上，进入系统科学、思维科学、人体科学研究取得的突破；他认为："逻辑思维结合形象思维的大幅度泛化上升为创造性思维"；"个体智慧、群体智慧、社会智慧在交互中'涌现'"。在当代科学技术发展、特别是信息科学和计算机技术广阔前景的启示下，钱先生进一步创建了"现代科学技术体系"。同时在指导"综合集成研讨厅"建立当中，感受到古今中外知识系统、各行各业专家系统和巨大能力的计算机系统，三者结合所显示的"综合"优势和"整体"优势。因而，钱学森先生在1997年兴奋的提出："必集大成，才能得智慧"。"大成智慧"的关键是"集大成"，只有集大成，才能"得智慧"。它实现了整体论与还原论的辩证统一，体现了"逻辑思维"与"形象思维"泛化上升"创造思维"的历程，表达了智慧综合集成的"涌现"过程，巧妙地把东方思维方式与西方思维方式有机结合。

卢明森、鲍世行先生多年来研究钱学森的学术思想，翔实的介绍、热情的宣传钱学森的著作。钱先生生前就曾经说过卢明森的工作是有意义的。这次他们编写的《钱学森论大成智慧》能够在"纪念钱学森诞辰103周年研讨会"前出版具有非常重要的意义，相信它在继承、弘扬钱学森学术思想的领域一定能够发挥更大的作用。作为钱学森先生的学生，对此表示衷心的感谢。

在表达谢意的同时，唤起了许多珍贵的回忆。钱学森先生委托我1987年在北京大学举行"北京思维科学讨论班"，在首次会议上，他兴致勃勃地提出"思维科学"研究的重要性。钱学森与他的学生、同道和各界朋友进行的通信，心无旁骛地讨论各种科学技术问题，也起到非常重要的作用，许多新的思想就是在这种敞开心扉的讨论中产生、形成的，并通过他的学生、同道首先公开发表的。钱学森先生告诫我们：各个领域运用"综合集成研讨厅"处理、解决自己的具体问题的探索、研

究都是一项实际的“大成智慧工程”，只有这样的大成智慧工程足够多，积累的经验教训足够丰富、充分，才能真正从中进行总结、概括，提炼出相应的理论，形成“大成智慧学”。

可以告慰先生的是我们从2008年进行开发知识引擎或智能机，这符合上世纪80年代他在《关于思维科学》中提出的二三十年后“思维科学”应该在新技术革命中发挥巨大作用的预期。目前互联网和云计算技术的发展使得我们终于可以实现他的这些伟大的理论和思想，建立海量的知识库和智慧平台。采用“语义智能”创新方法挖掘大数据与知识的深层联系，实现了钱学森先生提倡的，“以人为主、人-机结合、从定性到定量的”，运用“综合集成研讨”实现“集大成、得智慧”。

在当前世界范围兴起的“智慧城市”建设热潮当中，学界共识认为缺乏“智慧”的“顶层设计”。钱学森先生早在上世纪90年代多次对中央工作中提出设立“总体设计部”，作为“科学决策”平台，完全符合我国关于推进依法治国和实现“治理体系和治理能力现代化”的理念。所以，从“系统学”出发，运用“大成智慧工程”形成“顶层设计”应该是智慧城市建设的“必经”之路。事实表明，过去钱学森先生在人类的思想、理论和技术研究领域取得了重要成果，即使今天他仍然指导着我们迈向科学技术革命的新高度，在实践中鼓舞着我们在为我国的各项建设中作出新的贡献。

我再次感谢作者的辛勤劳动和对于本书出版所作出的贡献。相信《钱学森论大成智慧》的问世，能够进一步传播“大成智慧”的思想，促进“大成智慧工程”的发展。

预祝钱学森先生毕生的重大成就在我国现代化建设和国家富强前进的道路上不断开花结果！

中国科学院院士 戴汝为

2014年11月20日

前言

“大成智慧”思想是钱学森一生第三个创新高峰中的最高成果，是他创建的现代科学技术体系、系统科学、思维科学等一系列新思想的综合集成。其中，现代科学技术体系是其科学理论基础；从定性到定量综合集成法是其科学方法论；人机结合、以人为主是其基本的技术路线；从定性到定量综合集成研讨厅是其具体实施的组织形式；马克思主义哲学是其理论指导，大成智慧反过来又丰富与深化了马克思主义哲学。在综合集成研讨厅中，计算机的软硬件系统是建立模型、进行推演和计算必不可少的工具；根据需要建立的信息系统为认识、解决具体实际问题提供了理论、信息基础；专家群体是把信息系统提供的理论与信息同自己的实践经验结合起来认识和解决问题的主体。因为大成智慧的关键是集大成，只有集大成，才能得智慧。在信息、知识极其浩繁的当代，单靠个人已经根本无法真正实现集大成，必须依靠各行各业的专家集体；民主集中制是处理专家之间意见分歧的基本原则。大成智慧的主要特点就是发挥了整体与综合的优势，实现了整体论与还原论、形象思维与抽象思维、东方与西方思维方式的辩证统一。经过20多年来的探索、研究，综合集成研讨厅的基本理论、技术框架初步形成，正在各个领域进行实践检验。其实，各个领域运用综合集成研讨厅处理、解决自己的具体问题的探索、研究都是一项实际的大成智慧工程。只有这样的大成智慧工程足够多，积累的经验教训足够丰富、充分，才能真正从中进行总结、概括，提炼出相应的理论，形成大成智慧学。至于大成智慧教育，只有在上述成果的基础上才能付诸实践。因此，现代科学技术体系、从定性到定量综合集成法、从定性到定量综合集成研讨厅、大成智慧工程、大成智慧学、大成智慧教育构成一个相互联系的整体，这就是钱学森大成智慧思想的基本内容。这一思想从萌芽到形成，大致经历了近20年的时间。在这个过程中，从1983年开始的人体科学讨论班、从1986年开始的系统科学讨论班、从1987年开始的思维科学讨论班，以钱学森为核心由7人组成的钱学森小组（俗称小讨论班），起到至关重要的作用，许多珍贵的思想火花，都是在这里产生、形成的；钱学森与他

的学生、同道和各界朋友进行的通信，心无旁骛地讨论各种科学技术问题，也起到非常重要的作用，许多新的思想就是在这种敞开心扉的讨论中产生、形成的，并通过他的学生、同道首先公开发表的。

钱学森是世界著名的大科学家，始终跟随世界科学技术发展的前沿，但又与其他科学家不同，能够以马克思主义哲学为世界观、方法论，密切联系中国实际，与中国传统文化结合，能够跳出自己的专业领域，破除统治科学技术领域的还原论，站得高看得远，从跨学科的高层次看问题，因此他的许多见解具有明显的前瞻性，不容易被理解、接受。尤其是他的许多原始性文献，早期只有极少数人才能看到，只是近十几年才陆续出版《创建系统学》（2001年出版），《钱学森书信》（2007年出版），《钱学森文集》、《钱学森书信补编》（2012年出版），还有不少文献和研究项目尚未解密；就是已经出版的这些著作，也并不是每个人都能够买得起、买得到的。这也影响了这些思想的准确理解和普及。目前，虽然许多人对“大成智慧”思想非常感兴趣，这是好事，但也不得不承认，在理解、宣传、实践方面存在许多问题，不能不引起我们重视。

首先，运用综合集成研讨厅解决各个领域实际问题进行了大量探索，其中有些真正解决实际问题的研讨厅还不大为人所知。但是，这毕竟是真正具体的大成智慧工程项目，并得到国家各种科研基金的支持。对这些具体的大成智慧工程进行研究本来是钱学森倡导的建立大成智慧学的基本途径，但是一些学者没有完全沿着这条路走：各个领域搞大成智慧工程实践的科技工作者虽然人数众多，然而却往往只熟悉自己本领域，跳不出本专业，不能站在更高的层次上广泛地搜集、整理其他领域的大成智慧工程实践，总结经验教训，进行理论概括，建立大成智慧学；而一些哲学、社会科学以及教育工作者，对于大量的大成智慧工程没有兴趣，实际上也难以读懂相关的论文，只是企图走“捷径”——仅仅凭借哲学思辨、想象去创建大成智慧学；尽管这样的研究也无不可，钱老也曾经给予一定的支持，然而二十多年来始终没有拿出像样的相关成果。中国某大学的哲学教授指导的博士研究生，“钱学森大成智慧思想研究” 本来是个非常好的选题，由于缺乏大成智慧工程的视野，没有对已经发表的数百篇运用综合集成研讨厅解决各种实际问题的探索论文进行搜集、分析、研究，仅仅从哲学、社会科学方面展开论述，使得论文离钱学森倡导的大成智慧思想有很大差距。这正反两个面的事实证明，目前我们对钱学森大成智慧思想的研究远远没有达到钱老的要求。

其次，对于大成智慧教育，钱学森确实非常重视，在许多书信、谈话、论文中，反复地进行了说明与论证，并结合自己一生的经历“现身说法”；但是，他当时也一再明确表示，这是30～50年以后的理想，我国现在还不具备条件。1995年3月16日在致钱学敏的信中明确地说：“大成智慧教育有个条件，国民经济要达到发达

国家水平才行。对人民中国来说，还要半个世纪吧？所以我说，大学生光积极是不够的，要等到他（她）们的子孙辈才能实现大成智慧教育。”因此，大成智慧教育还没有提上日程。但是，一些学者在宣传钱学森大成智慧教育思想时，没有强调这是未来的理想；在一些初步具备条件的院校进行一些试验、探索也是可以的，但却有一些“急性人”，现在就打着“钱学森大成智慧教育”的旗号，在全国大规模地进行“实践”。钱学森的大成智慧教育思想本来是很好的理想，但在不具备条件的现在就去如此大规模的实践，结果必然像1958年就要跨进“共产主义”一样，反倒败坏这一先进理想的声誉。这是不能不引起我们高度重视的问题。

造成上述状况的根本原因是对钱学森大成智慧思想的理解不够准确、完整，因此进行一些“正本清源”的工作是十分必要的，甚至是当务之急。我们选编《钱学森论大成智慧》一书，就是为完成这项任务提供基础性的条件，它为那些难以完全读到《钱学森书信》、《钱学森书信补编》、《钱学森文集》这些巨著的读者，提供钱老阐述大成智慧思想的原始书信、谈话与论文，这是大成智慧思想提出、倡导者的经典原著，希望对大成智慧思想感兴趣的读者认真研读，以求准确、全面、系统、完整地把握其实质与精髓。二十年来，一些专家、学者确实写过不少介绍、论述大成智慧的文章与著作，对传播、普及大成智慧思想起到很好的作用；但是，由于各自受其专业、知识面等种种局限，往往各自强调了某些侧面，结果形成了网络上传说的大成智慧不同版本。只有通过研读钱学森的经典原著，准确、完整地理解、掌握大成智慧的实质与精髓，才能正确把握那些探索、研究性的论著在宣传钱学森大成智慧理论体系中的地位与价值。

在对待钱学森学术思想的问题上，流传着“照着说”与“接着说”两种倾向。有人强调“照着说”，凡是钱学森没有说过的都不敢说、不能说；有人强调“接着说”，主张大胆地发展钱学森思想。其实，“照着说”与“接着说”是紧密联系、辩证统一的，不能将二者对立起来。“照着说”是“接着说”的基础与前提，“接着说”是“照着说”的继承和发展；不能“照着说”的，就无法“接着说”；只能“照着说”、不能“接着说”的，是教条主义、本本主义，违背了“照着说”的宗旨与期望。因为，钱学森是人，不是神；虽然他是“三维的”战略科学家，但他也有其时代、专业、知识面的局限性，不能要求他在所有专业领域都达到专家水平，也不可能对未来的事物都知道；因此，不能认为他的一切见解、甚至每句话都是对的。但是，也必须像对待历史上任何一个学说、理论一样，对诸如“大成智慧”这样的重要学说、理论，也必须首先理解、掌握提出、创建者的原意和初衷，力求准确地、全面地加以理解。为此，必须认真阅读原著，这就如同要真正理解几何学，必须研读欧几里得的《几何原本》一样。我们反对那种不认真掌握大成智慧的实质与精髓，仅凭一知半解、只言片语就去任意发挥，还美其名曰“发展”。这在当前

是特别值得警惕的浮躁之风，这不是好学风。

希望《钱学森论大成智慧》的出版，能够促进大成智慧思想的传播、普及、宏扬与发展！

编者 2014年9月22日初稿

2014年10月2日二稿

2014年10月15日三稿

2014年10月19日四稿

目 录

第一编 钱学森讨论大成智慧问题的书信 · 1

第二编 钱学森探讨大成智慧问题的讲话 · 149

第三编　钱学森阐述大成智慧问题的论文·361

第一编

钱学森讨论大成智慧问题的书信

1985年

1985年5月20日致汪培庄同志：逻辑网络巨系统可否出现“协同”——“智慧”

汪培庄[①]同志：

五月八日信及附件都收到。周波同志的来件已转洪加威同志及马希文同志。蔡文同志的信及文章也收读。

我理解：您和蔡文同志的思路是相近的；而“物元分析”迹近国外“创造要术”之类的东西，实际是初级的包教包会。因此您们都没有接近核心问题：逻辑网络巨系统可不可以出现“协同”作用，出现“有序化”现象？我想这个“有序化”就是“智能”、就是形象思维或直感。

所以前次请您看的洪加威同志的信及文章是和我的想法接近的，多路并行推理的巨大作用。但他不懂协同学，所以还差一点，巨大作用还未巨大到“飞跃”即“有序化”，出“智慧”。“不那么笨了，但尚未变得聪明！”

也许您是有计划在将来搞这个“飞跃”的，那我以上的话就该收回，等着看您以后的成果。所以来稿奉还。静候佳音！

此致

敬礼！

钱学森

1985.5.20

选自《钱学森书信》第2卷，第292～293页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1985年9月2日致张锡令同志：逻辑推理网络加协同学能达到智慧的理论

张锡令同志：

八月一日信我一个月后才复；想您也已回到上海了。大百科全书条目审定工作

① 汪培庄（1936— ），男，湖北黄冈人，1957年毕业于北京师范大学数学系，1983年任教授，1998年退休，民盟盟员、博士生导师；1988年被授予国家级有突出贡献中青年专家称号；曾任国际模糊系统学会副主席等许多社会职务；我国模糊数学研究领域的开拓者之一，先后在国内外多种研究刊物上发表学术论文100余篇，著书4部。

如何？顺利吧？

我五月二十六日在涿县的发言是征求意见，所以在未经学会批准前只能是内部性质，不应公开，也请您不要去宣传。我想过早捅（原字为提手加通字，汉字中没有该字，故改——引者）出去，没有好处。我看小心点好，因为在涿县我也悟到一个道理：中国计算机界，包括智能机，情况复杂。在这种情况下，常常好事办不成，反而引起副作用。

您在信中提出要不要加“逻辑”二字于推理。我加了，因为我是在讲智能和智慧的理论时用的。这样的理论必须是透彻的科学理论，一点也不能含糊，没有所谓不清不白的“经验”。所以应该加“逻辑”。我相信逻辑推理网络加协同学能达到这个目的。这是高指标。因为您是搞人工智能的，现在的专家系统当然达不到这个高指标，所以不得不引入含糊不清的“推理”。这是允许的，过度阶段嘛。我在发言中也包括了这个初级阶段。

请分清阶段。

中国科学院上海生化所徐京华研究员告诉我：混沌是信息源。所以他在研究脑中混沌，这与思维有关。您和脑科学家有联系吗？

总之，线索很多，要认真对待。

此致

敬礼！

钱学森

1985.9.2

选自《钱学森书信》第2卷，第419～420页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1985年9月23日致祝世讷同志：
实践→前科学→科学技术体系

祝世讷[①]同志：

九月十五日来信收到。恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》（《马恩选集》四卷241—242页）中讲：“由于这三大发现和自然科学的其他巨大进步，我们现在不仅能够指出自然界中各个领域内的过程之间的联系，而且总

① 祝世讷（1940— ），男，山东省青州市人，1965年毕业于山东师范学院，曾任山东中医药大学自然辩证法教研室主任、教授，山东自然辩证法研究会副理事长等社会职务，出版著作10多部，发表论文80余篇。

的说来也能指出各个领域之间的联系了，这样，我们就能够依靠经验自然科学本身所提供的事实，以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画。”现在离恩格斯讲这个话的时候已将一百年，不但自然科学，而且包括社会科学等已构成一个一体化的现代科学技术体系。这也就是我讲的九大部门、九架桥梁和一个马克思主义哲学最高概括。这就是现代科学技术。一切不能纳入这个体系的知识就不能算是现代意义上的科学。

我们也要清楚地认识到：不能纳入现代科学技术体系的知识是很多很多的，一切从实践总结出来的经验，即经过整理的材料，都属于这一大类。我称之为“前科学”，即待进入科学技术体系的知识。您说的“经验科学”也属前科学。

科学技术的体系决不是一成不变的，马克思主义哲学也在不断充实、发展和深化。这个发展过程就是前科学不断进入科学技术体系的过程，也就是人认识客观世界的过程：实践→前科学→科学技术体系。所以我们决不能轻视前科学（经验科学），没有它就没有科学的进步；但也决不能满足于经验总结出来的前科学，而沾沾自喜，看不到科学技术体系还要改造与深化，因此要研究如何使前科学进入科学技术体系

我并不是个中医，但我认为传统医学是个珍宝，因为它是几千年实践经验的总结，分量很重。更重要的是：中医理论包含了许多系统论的思想，而这是西医的严重缺陷。所以中医现代化是医学发展的正道，而且最终会引起科学技术体系的改造——科学革命。

非欧几何的出现显示了欧几里得几何的局限性，引起几何学的发展；现在的几何学就把非欧几何和欧几里得几何统一了。中医现代化最终也是医学现代化——科学现代化！

以上供参考。此致

敬礼！

钱学森

1985.9.23

注文：钱学森后来将现代科学技术体系扩展到11个大部门，包括自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、行为科学、地理科学、建筑科学和文艺理论。

选自《钱学森书信》第2卷，第433～435页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1986年

1986年12月3日致刘元亮等同志：“大智”来源于洞察客观世界的最普遍规律

刘元亮同志、曾晓萱同志、寇世琪同志、姚慧华同志：

十一月二十六日来信及《编者的话》都收到；《编者的话》中讲到我的话，我很不敢当，我只是做了一点点我能做的事。而且我也在讨论中从你们那里学到了东西呀！

关于创造性思维，或说人的智慧（而不是小聪明、小机灵）我近来有点看法：“大智”来源于洞察客观世界的最普遍、最概括的规律，而洞察就要能知道这些规律并会运用这些规律去改造客观世界。所以大智是可以培养的，并不神奇。培养的方法就是学习马克思主义哲学。马克思主义哲学是人类对客观世界认识的最高概括嘛！如何？

问高达声同志、曹南燕同志好！

此致

敬礼！

钱学森

1986.12.3

选自《钱学森书信》第3卷，第332页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1986年12月12日致张锡令教授：只有马克思主义哲学才是智慧的泉源

张锡令教授：

十二月七日信及所附材料都收到。我将把全部转戴汝为同志看看。

我感到您提的意见很好，表示您的确在努力思考问题。但您又好象没有足够时间深入研究和读书，此诚憾事！何以见得？

（一）思维科学本系草创，各家言都要博采其长，而您尚未全读《关于思维科学》就发表意见了，这够慎重吗？

（二）您对马克思主义哲学、对哲学还不够理解，抓不住要害。我近来认为只

有马克思主义哲学才是智慧的泉源。看来您还有点“怕”马克思主义哲学，这是对您搞学问大大不利！

（三）也因为如此，您对外国人的东西看不透，常常被他们拖着走。要知道我们在这里是研究人和机械，精神和物质，外国人是先天不足的！对他们的东西要严肃对待，认真加以鉴别。而鉴别要靠马克思主义哲学。

您的人工智能研究室物质条件差，那暂时只能加强理论工作。那能联系实际吗？能。方法是与搞实验工作的同志合作，在上海与其他单位合作。人家要同您合作吗？那就看您的真实本事了，对人有帮助，能解决人家的难题，人家当然欢迎。这也是“横向联合”！

所以要奋斗！以上供参考。

即此恭贺

新年，并致

敬礼！

钱学森

1986.12.12

选自《钱学森书信》第3卷，第342～343页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1987年

1987年2月4日致刘奎林同志：我以为马克思主义哲学才是智慧之光

刘奎林[①]同志：

最近收到中国作家协会黑龙江分会彭放同志（通信址：哈尔滨安和居）编的《灵感之谜》二册，现将一册奉上（另一本留我处）。

编者最后说灵感是“智慧之光”，我看欠妥！我以为马克思主义哲学才是智慧

① 刘奎林（1938— ）男，黑龙江省龙江县人，1965年毕业于哈尔滨师范大学数学系；黑龙江省委党校教授，享受政府特殊津贴；中国思维科学学会筹备组成员，黑龙江省思维科学学会理事长；著作有：《灵感——创新的非逻辑思维艺术》等多部，论文20余篇。

之光（见附上短文）！如何？

此致

敬礼

钱学森

1987.2.4

注文：所附短文是《智慧与马克思主义哲学》。

选自《钱学森书信补编》第2卷，第315页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1987年10月16日致张锡令教授：
人能形象（直感）思维，人有智慧，都在于此

张锡令教授：

九月24日信收悉。

关于林邦瑾同志与电子工业部的事，胡世华先生也来问过。但据我们的同志去问，似无此说；可能是传闻而已。

在国外研究思维似有三方面的工作：1、研究人脑神经系统，这是最老实的途径，但太难，无大进展；2、猜想神经网络的结构，又限于简单的结构，然后用已知的数学方法去看看能有什么“思维”（这大都是一些物理出身的在搞）；3、认知心理学派，这是您比较熟悉的。我现在以为除第一个途径是任重道远外，其他两个途径都是主观的，不会有什么真正的成果；毛病在于脱离人脑的实际。

我认为人脑的实际是一个极度并联（massively paralle）系统，成百万、上亿的并联度。人能形象（直感）思维，人有智慧，都在于此。但现在美国有些计算机家只不过在此方向刚起步，就是Thiking Machine Corp的Connection Machine并联度也“只”有65，536。但就这样，此机创始人W.D.Hillis已呼吁现有的数学不够用了。所以我和戴汝为同志认为：真要解决智能机的问题，必须走极度并联的路；而这样也会出全新的数学。老牌数学是单线逻辑、低并联度逻辑的产物；所以不行了，出不了智慧！

这个思想是中国人的，在目前还宜保密。请不要向外人讲！

因此我看外国人并不很聪明！您切莫跟着外国人跑！我们有马克思主义哲学，应该比他们强。他们搞主观主义，我们要用辩证唯物主义。

Herbert Simon也不行，还是认知心理学嘛，他这个诺贝尔奖金获得者也不见得怎样了不起！

请您独立思考，天不怕，地不怕！

此致

敬礼！

钱学森

1987.10.16

附《思维科学》1987年3期一册。

注文：①Herbert Simon：Herbert A.Simon，赫尔伯特·A.西蒙（1916—2001），司马贺是他的中文名。美国计算机科学家和经济学家，1975年获图灵奖，1978年获诺贝尔经济学奖，1994年当选为中国科学院外籍院士。

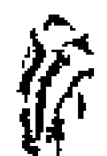
②编者在整理时认为，当时“还宜保密”的学术思想现在可以讲了。

选自《钱学森书信》第4卷，第052～054页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1988年

1988年1月24日致汪成为同志：
决策者的智慧还是决定一切的

汪成为[①]同志：



一个人要能为人民作点事，就要实事求是地对待自己和实事求是地对待客观世界；从您的来信看，您是能做到这一点的。所以很好！

您的大作《AI在仿真和决策支持系统中的应用》翻看了。第一，在文章标题中似不宜用外语，“AI”宜改为“人工智能”。中国人是庄严的呀！

第二，文章似宜站得更高一点来看问题。如：为什么要决策支持系统？我们日常生活中要解决很多决策问题，但因为问题比较简单，几秒钟一想就能决策，也就不要去动用什么决策支持系统。可见决策支持系统是由于现代高层次决策问题是非常复杂的，因素极多，而且有时限，不能久拖不决。如何把等于千万个助理和助手

① 汪成为（1933— ），男，原籍浙江奉化，生于上海，1956年毕业于北京师范大学；从事计算机、系统仿真等研究；曾任中国人民解放军总装备部科技委常委、国家863计划智能计算机专家组组长等职；1994年当选为中国工程院院士；曾荣立一等功、获全军英模荣誉奖章、国家科技进步二等奖2项、何梁何利基金科学与技术进步奖；著有《灵境（虚拟现实）技术的理论、实现和应用》等专著和科普读物多部。

的工作高效能地组织利用好？这就非有决策支持系统不可。但又有两点：

1.决策者的智慧还是决定一切的，不能让决策支持系统喧宾夺主，成了决策者；

2.决策助理、助手，即参谋也有一个方面的经验性知识和能力，不是“死理论”，所以又得用“AI”。

我认为这第二点是重要的，这就是马克思主义哲学的观点、辩证唯物主义的观点。外国人是讲不清楚的；中国人总要胜过这帮家伙！

以上请酌。原稿奉还。

此致

敬礼！

钱学森

1988.1.24

这实际上也是思维系统工程。

选自《钱学森书信》第4卷，第131～132页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1988年2月22日致王副秘书长等同志：
作战模拟系统要把指挥员的智慧放进去

王副秘书长、汪成为同志：

近见James A.Senn著“Analysis and Design of Information Systems”（影印书号S89/14,英1-18/432，BG000910），感到外国人有点见物不见人。而其实信息系统只是思维系统的一个工具，或说是思维系统一个组成部分，不讲思维系统中的“人”是不对的。

作战模拟系统也要把指挥员的智慧放进去，人一定要与机结合，也是思维系统。

请酌。

钱学森

1988.2.22

注文：收信人“王副秘书长”是时任国防科工委科技委专职委员兼副秘书长王寿云①同志。

选自《钱学森书信》第4卷，第153页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

① 王寿云（1938—1997），男，1960年北京大学数学系毕业后到国防部航空委员会第五研究院工作，1965年起一直任钱学森的秘书，曾任国防科工委综合计划部规划计划局副局长等多职，兼中国系统工程学会副理事长、北京大学等多校兼职教授；1990年授予少将军衔；获国家科技进步奖二等奖3项，部委级科技进步奖一等奖3项、二等奖2项，中国航天基金荣誉奖1项和中国工程院第二届中国工程科技奖1项；发表论文几十篇、著作多部。

1989年

1989年8月28日致钱学敏教授：
正确的做法是要靠集体、靠集体的智慧

钱学敏[1]教授：

8月25日信收到。您们那样关心我们，使蒋英同志和我都非常感激！生活上的事，组织上很照顾，所以我们是很幸运的；待今后有什么要向您们求援时，再向您们报告吧。

马克思列宁主义正面临一个新时代，但研究这一新发展不能只是搞马列主义发展史的同志的事，因为它涉及整个世界。正确的做法是要靠集体、靠集体的智慧，要有领导、有组织地干。专家们应是各行各业的专家，社会科学要与自然科学联盟。一种形式是由您所带头，组织定期的（如每星期一次）学术讨论会，请专家讲，大家讨论。搞它几年，必有成效。

只是我自感力量不够，十年来努力为之，不过九牛之一毛而已！我不知道的实在太多，如几年来我在宣传思维科学，但直到前几天才知道哲学家们在研究"逻辑哲学"，实是思维学！我漏掉了一个方面的工作，真是贻笑大方！所以您说要研究"钱学森"，不必了，那不是重要的课题，研究如何发展马克思列宁主义吧！

这些议论，不知当否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1989.8.28

选自《钱学森书信》第5卷，第027～028页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

---

① 钱学敏（1933— ），女，浙江杭州人，1961年毕业于中国人民大学哲学系，中国人民大学教授，西安交通大学兼职教授，钱学森研究小组成员；专著有《钱学森科学思想研究》，参撰著作有《马克思主义哲学史》等6部，参译著作有《马克思主义哲学史》（德文版）等3部，论文70余篇；曾获国家哲学社会科学基金项目优秀成果一等奖等7项。

1989年10月19日致戴汝为同志：
有了定性与定量相结合的综合集成法

戴汝为[①]同志：

前上一函想已见到。

请您动笔的那一节也涉及社会思维问题，正好收到刘奎林同志和杨春鼎同志合编的《思维科学导论》两本，故附上一本请阅。其中第六章就讲社会思维，为曾杰同志所写；他所没有说的，正是我们应该说的，即社会思维机理。也因为我们能讲些社会思维的机理，而且有了定性与定量相结合的综合集成法，将来社会思维学也许反而会走在形象（直感）思维学（和灵感思维学）的前头。

这都是思维系统。

此致

敬礼！

钱学森

1989.10.19

注文：此信说的是钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的文章《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》的形成过程。此文中“五、综合集成还可以用知识工程”一节由戴汝为执笔。此文后刊载于《自然杂志》1990年第1期。

选自《钱学森书信》第5卷，第075页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1989年11月11日致孟凯韬教授：
人对客观世界的认识，就是由定性跃到定量

孟凯韬[②]教授：

11月2日信及10月底寄来的材料都收到。

---

① 戴汝为（1932— ），男，云南昆明人，1955年毕业于北京大学数学力学系，中国科学院自动化研究所研究员、博士生导师，1991年当选中科院院士；曾任中科院学部主席团成员、国家863计划智能计算机主题专家组副组长等多职；钱学森研究小组成员；先后主持完成国家级重点、重大科研课题十多项，获国家自然科学一等奖1项、国家科技进步一等奖1项，何梁何利科学技术奖，部委级奖多项，主编的《智能自动化丛书》获国家图书奖；著作有《社会智能科学》、《信息空间的大成智慧》（与钱学森合作）等多部，论文四百余篇。

② 孟凯韬（1943— ），男，陕西省周至县人，西北大学教授，哲理数学研究所所长，享受政府特殊津贴；承担过多项国家级科研课题，主要著作有《思维数学引论》等十多部，还有“世界通用区时及地方时钟表”等9项发明创造；发表论文数十篇；获得省部级奖励多项。

您的思路似乎是要把本来性质不同的东西用一个概念覆盖起来，这是“泛”了，但是只形式上的统一而已，解决不了问题。比如郭俊义同志“泛数学”硬要把定性与定量捏在一起，结果既不定性也不定量，于事何补？实际上，人的定性认识是初步的，或称感性认识；许许多多定性认识经过综合集成，去粗取精、去伪存真，最后上升（即哲学上的“扬弃”）为定量认识。这个定量认识比原始材料的定性认识要高一个层次，或称理性认识。等到一个方面事物的许许多多实例的定量认识积累得多了，人又会悟到这一个方面事物整体的一点定性认识；又高一个层次了。人对客观世界的认识，就是由定性跃到定量，又跃到定性，再跃到定量，……永无止境地发展深化下去。这是辩证法。这个道理在毛泽东同志的《实践论》中讲得很清楚，您当然知道，怎么不运用呢？

算术到代数、常量到变量、必然到或然，都是质的飞跃，决不是只捏合在一起！

郭俊义同志受吴学谋教授的“泛系理论”影响，以为一“泛”就高明了。

我建议您下点功夫学马克思主义哲学。我在《哲学研究》杂志1987年2期、1989年10期的文章，您可参阅。

此致

敬礼！

钱学森

1989.11.11

注文：《哲学研究》1987年第2期刊载钱学森文《智慧与马克思主义哲学》；《哲学研究》1989年第10期刊载钱学森文《基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导》。

选自《钱学森书信》第5卷，第090～091页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1990年

1990年1月15日致孙凯飞同志：
现代化科学都必须按综合集成法来研究

孙凯飞[①]同志：

元月7日信收到。我的病主要不在左腿受寒的小问题，而在于膀胱内壁有小红点，故需处理，免得发展成癌。吴阶平大夫对我说，只要接受治疗，问题不大。我想人已七十九岁，零件出点问题是免不了的，客观规律嘛。我今后要量力而行罢了。

您的信讲了个大问题。我想：

（一）全国的社科联要组织起来。省市的社科联已有不少，就缺全国的了。中国社科联一旦成立，即可按胡乔木同志意见，与中国科协合并，成为中国科学技术统一的人民团体。

（二）社会科学，还有系统科学、人体科学、思维科学、文艺理论、军事科学、行为科学和地理科学要真正成为马克思主义哲学指导下的现代化科学，都必须按定性与定量相结合的综合集成法来研究，这个我们发明的方法，是这一切新科学的“微积分”。

（三）从Copernicus、Kepler、Descartes、Galileo、Bacon到Newton才奠定以还原论为“科学方法”的近代科学，这是文艺复兴，创造了资本主义文明。我们要用定性与定量相结合的综合集成法为契机，以马克思列宁主义毛泽东思想为指导，开创又一次新的文艺复兴，创造社会主义共产主义文明。

（四）我国现有科技人员960万人，绝大多数是自然科学工程技术方面的，现在要搞新的文艺复兴，全部科学技术十大部门将会有5000万～6000万人。

您是否可以写篇大文章论述新的文艺复兴？

另外，我听钱学敏同志说，前几年有那么一些人竟想以所谓“西方马克思主义”来发展马克思主义，真是糊涂呀！马克思主义要发展，只能用十大部门的学术成果，没有别的办法。

马克思、恩格斯、列宁没有考虑的古代智慧也有，这就是中国古代思想中的精

① 孙凯飞（1940— ），男，江浙人；1964年毕业于中国人民大学哲学系，因观点不同多次受迫害，文革后在中国社会科学院哲学所、马列所工作，论著40左右篇（部），其中与钱学森合作的有两篇；1993年获国务院颁发的突出贡献特殊津贴证书，2000年退休。

华。所以我向张岱年教授建议，请他组织力量从中国古代思想中提炼出可以充实发展马克思主义哲学的论点。张教授表示同意。中国社科院也有人。

总之，大有可为呵！

此致

敬礼，并贺

春节欢乐！

钱学森

1990.1.15

此信复制件已送钱学敏同志，您们不妨讨论讨论。

注文：Copernicus、Kepler、Descartes、Galileo、Bacon、Newton是几位外国著名科学家的英文名字，分别是哥白尼、开普勒、笛卡儿、伽利略、培根、牛顿。

选自《钱学森书信》第5卷，第169～171页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1990年元月27日致李铁映同志：用定性与定量相结合的综合集成法建立教育学

李铁映同志：

首先我和蒋英同志向您和秦新华同志拜年！

在报纸上读了您对我国教育问题的讲话，感到很好，好就好在明确了社会主义中国教育工作的目标，明确了要培养什么样的人。

我现在给您写这封信的目的是：在我国要开展教育理论或教育学的研究，要重新用马克思主义哲学为指导，创建马克思主义的教育理论或教育学。

近代科学始于四百年前的文艺复兴，是Copernicus、Kepler、Descartes、Galileo、Bacon和Newton他们创立了从实验观察出发，推理为手段的所谓科学方法。为了在复杂现象中能定量测定，不得不分解事物，而且越分越细，生物学已到了分子生物学；但还不够，还要再分下去，到DNA结构！另外，推理就有综合，如何综合？人的主观不能不起作用；这一点A.Einstein早就指出过。总之建立在还原论基础上的所谓科学方法是有很大局限性的。这也是一方面自然科学中的物理、化学等和工程技术虽然取得了不起的成就，但心理学这门研究人自己的学问却进展甚微。这一事实在国外也已公认。

所以教育理论或教育学要在辩证唯物主义指导下，撇开老一套，用正确的主观与客观相结合的方法，即附呈拙文提出的定性与定量相结合的综合集成法，认真总结国内外、古代与近代的育人实践经验及教训，重新建立马克思主义的教育理论或

教育学。这就是我的建议。

我自己受过二十年代师大附小和师大附中的良好教育，那时期就出了许多有才干的学人，如您委的张维同志，如北京大学哲学系张岱年教授。我高中在师大附中高中理工科，学过伦理学、解析几何、微积分、大代数、非欧几里得几何、第二外国语德语、有机化学、工业化学等等，差不多把现在高等院校大学二年级的课都读了。这一经验不值得总结吗？

以上不知当否？请指示。

此致

敬礼！

钱学森

1990.元.27

附拙文请指教。

注文：①李铁映同志时任中共中央政治局委员、国务委员兼国家教育委员会主任。

②A.Einstein:Albert Einstein，阿尔伯特·爱因斯坦（1879—1955），生于德国，后移居美国。20世纪最伟大的物理学家之一，1921年获诺贝尔物理学奖。

③所附文章是钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》，刊载于《自然杂志》1990年第1期。

选自《钱学森书信》第5卷，第181～183页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1990年2月8日致戴汝为同志：
思维学也要用定性与定量相结合的综合集成法

戴汝为同志：

关于思维科学，我想既然人脑是开放的复杂巨系统，而思维是人脑意识活动，也是开放的复杂巨系统，所以思维学是否也要用定性与定量相结合的综合集成法？那我们以前受逻辑影响，方法论局限太多，现在要打开思路。我以前印送给您的“文论”文章即有此意。现再附上刘奎林等的书，请考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1990.2.8

选自《钱学森书信》第5卷，第192页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1990年2月19日致肖君和教授：
我们创立定性与定量相结合的综合集成法

肖君和[①]教授：

2月3日寄来尊著《论思维——思维探新》收到，十分感谢！

您主张思维研究方法应该多样化，这我赞同。现在国内外一大批学者迷于所谓模拟大脑的神经网络计算机，以为这就可以出人工智能，出思维。对此我认为是错误的，还是还原论的旧科学方法；他们不懂得人脑以及人脑有意识的思维都是开放的复杂巨系统，旧方法是无能为力的。当然，只议论，只定性地说感性认识，不定量，终非科学。所以我们主张专门为开放的复杂巨系统创立一种新方法，即定性与定量相结合的综合集成法（见《自然杂志》1990年1期于景元、戴汝为和我写的一篇文字，您可参看）。您不认为灵感思维有别于形象（直感）思维；持此见者颇不乏人。我以为之所以如此，在于持此见者恐怕自己无灵感的经验，因而无法认识灵感。灵感并不发生于人的正常醒觉功能状态，而发生于似醒似梦的功能状态，即Frederik von Eeden在1913年提出的“lucid dreaming”状态（见英国刊物“New Scientist”1990年1月6日期48页Susan Blackmore文）。在此大脑功能状态，常规的一些想法受压制而不起作用，于是思维飞跃出现灵感。所以也可以说“灵感思维”是一种特种状态的形象（直感）思维。灵感思维对人类文明的发展有重大作用，不能忽视。

尊著转送中国思维科学学会筹备组副组长戴汝为同志（北京100080中国科学院自动化研究所）详细研究。

此致

敬礼！

钱学森

1990.2.19

注文：《自然杂志》1990年第1期刊载钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的文章《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》。

选自《钱学森书信》第5卷，第200～201页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

---

① 肖君和（1944— ），男，江西吉安县人，1983年开始发表论文，1988年破格升为研究员，并任贵州大学社科研究所所长等职；研究领域从哲学、思维科学扩展到文艺、政治等，出版《论思维》、《形象思维逻辑学引论》等28部著作，发表论文270多篇；1993年起享受国务院津贴，先后获奖40多次，2005年退休。

1990年3月5日致谭暑生教授：
我们提出了定性与定量相结合的综合集成法

谭暑生[①]教授：

您的大作《老子的“有生于无”和现代科学的自然图象》又在《自然辩证法研究》1990年1期上读到，是篇好文章。同期何香涛和乔戈的《类星体和红移论争》我也读了。这就引起我一个想法，写在下面请您思考：

于景元、戴汝为和我在《自然杂志》1990年1期上有篇文章，它充实了我去年在《哲学研究》10期的那篇短文，提出了开放的复杂巨系统的概念和其独特的研究方法——定性与定量相结合的综合集成法。文中也举出开放的复杂巨系统的例子，其中就有人体，也有宇宙。您在接触人体科学研究的工作中，大概对人体是开放的复杂巨系统这一事实有所认识；我在《论人体科学》的各文中对此讲得比较详细，但我现在以为宇宙也是开放的复杂巨系统，也要用定性与定量相结合的综合集成法，老方法是不够用的。其实您文章引用老子的“有生于无”就是一种定性的认识，而后面的现代科学的宇宙理论才是一些定量的认识。已经是定性与定量相结合了。

但我希望您再进一步：真正把开放的复杂巨系统概念用到宇宙学的研究——大宇宙、包括我们所在的这个宇宙的研究。是开放的复杂巨系统，不要简单化！关于红移的争论就没有必要，恒星的红移与类星体的红移完全可以并存，只是性质不同而已。我相信宇宙的研究将越来越证实我的这个观点，所以是宇宙学的研究方向。请考虑。

您将来研究对象不该限于“现代科学的自然图象”，而应是马克思主义科学的宇宙图象。

以上当否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1990.3.5

注文：《自然杂志》1990年第1期刊载钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的文章《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》。

《哲学研究》1989年第10期刊载钱学森文《基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导》。

选自《钱学森书信》第5卷，第203～205页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

---

① 谭暑生（1942— ），男，湖南醴陵人，1965年湖南大学毕业，曾为中国人民解放军国防科技大学理学院教授，博士生导师；一直从事激光技术的研究，在薄膜光学领域做出了突出贡献。

1990年5月16日致于景元同志：“从定性到定量综合集成法”即“综合集成工程”

于景元[①]同志：

原来称作是“定性与定量相结合的综合集成法”请考虑可否改称为“从定性到定量综合集成法”？实是综合集成定性认识达到整体定量认识的方法。可简称“综合集成工程”，英文为Metasynthetic Engineering。

综合集成工程虽然是新技术，犹如本世纪20年代的航空工程，但那时MIT就在Hunsaker领导下成立了航空工程系。所以我们现在就应该筹备综合集成工程专业，争取早日开班，培养人是急事。

以上请考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1990.5.16

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，第269页，浙江科学技术出版社，1996年12月第一版。

1990年5月19日致戴汝为同志：综合集成工程居思维科学的工程技术层次

戴汝为同志：

我现在想：我们原来称为“定性与定量相结合综合集成法”，似可改称“从定性到定量综合集成法”。它实际是：

1. 综合集成定性认识达到对整体的定量认识。

2. “法”即技术工程，是综合集成工程，英文为Metasynthetic Engineering。

3. 综合集成工程居思维科学的工程技术层次，创立并发展它将为思维科学的技

① 于景元（1937— ），男，黑龙江肇东市人，曾任中国航天科技集团公司710研究所副所长、研究员、博士生导师，国务院学位委员会委员等多职；研究方向：工程控制、系统科学及其应用等；获国家自然科学二等奖1项，国家科技进步一等奖1项、二等奖2项、三等奖2项，部级科技进步一、二等奖多项，美国东西方中心“杰出贡献奖”，国际数学建模学会最高奖“艾伯特·爱因斯坦奖”，第3届中华人口奖科学技术奖；论著13部，论文170余篇。

术科学层次及基础科学层次（思维学）提供营养。

4. 再上面的哲学概括——认识论见附复制件，此文也为批模拟神经网络智能机的人提供一些看法。

我在40年代初参加了喷气推进的工程培训班，那时的Jet-Propulsion Engineering并不比现在的Metasynthetic engineering成熟。所以我去信给于景元同志，请你们考虑搞综合集成工程专业，开始培养人。请与他商量。

此致

敬礼！

钱学森

1990.5.19

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，第270页，浙江科学技术出版社，1996年12月第1版。

1990年11月19日致于景元同志：从定性到定量综合集成法引用信息技术知识工程

于景元同志：

看了《北京大学学报（哲学社会科学版）》1990年5期99页孙小礼同志文，以及《百科知识》1990年10期胡济民（也在北京大学）文《近40年来对物理学看法的变迁》，感到无论是社会科学还是自然科学，现在人们（主要是外国人，中国人跟着人家跑而已）终于认识到还原论方法之不足；这是件大事。但他们又不如我们：我们提出了开放的复杂巨系统的概念和解决问题的方法，从定性到定量综合集成法，引用信息技术、知识工程。所以我们走在全世界的前头了！

你们书中的这一章一定要写好。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1990.11.19

选自《钱学森书信》第5卷，第395页，国防工业出版社2007年5月第1版。

1991年

1991年1月3日致刘静和同志：
建立辩证思维学或智慧的科学，现在似无条件

刘静和①同志：

您12月27日来信及您亲手精制的贺年片，今天都收到了，蒋英和我表示非常感谢！我们也向您拜个晚年，祝您启发儿童智慧的工作，在1991年里继续前进！

要把智慧的学问变成一门科学是很不容易的。生理心理学现在只能搞清感觉sensation，上升到知觉perception就无定论。再上升到人的“感受”就更是说说而已。辩证思维是智慧的核心，能模式化吗？我看建立辩证思维学或智慧的科学，现在似无条件；我们就连形象（直感）思维都未弄清楚。

智慧只能诱发，辩证思维也只能从练习中领会，从失误中总结。也就是只能意会，不可言传。

奉上拙文二篇，所论也与此有关，供参阅。

我的合作者戴汝为同志是中国科学院自动化研究所研究员，研究思维科学，专攻人工智能、知识工程。您如要找这方面的人谈问题，可以找他。

此致

敬礼！

钱学森

1991.1.3

又：请把来信寄100034国防科工委。

注文：所附两篇文章是：钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》，刊载于《自然杂志》1990年第1期；《要从整体上考虑并解决问题》，刊载于《人民日报》1990年12月31日第3版。

选自《钱学森书信》第5卷，第427～428页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

① 刘静和（1911—2004），女，福建闽侯人，1936年毕业于金陵女子大学生化系，1941年获美国明尼苏达大学医院硕士学位，1950年获美国哥伦比亚大学儿童发展系博士学位，同年回国。历任中国科学院心理研究所副研究员、研究员，第三届全国人大代表。

1991年1月14日致钱学敏教授：
我们是在智慧的大海中游泳

钱学敏教授：

我们谢谢您及家人的贺年片！我们是在智慧的大海中游泳吗？我是常犯错误的。例如：我在一年前还写文章说“定性与定量相结合的综合集成法”，但我说错了，要改正：是“从定性到定量的综合集成法”，要有从感性认识到理性认识的飞跃！

我是常犯错误的！你们和我一块工作，务必及时指出我的失误。务必这样做！

这些日子全国政协开会传达学习中共中央十三届七中全会的文件。您们想也在听传达。我的感受是：《建议》很好，我们一定要奋力去贯彻。但也表明现在我们能讲清的，离“第四次伟大尝试”的目标尚远，更指明您三位工作的必要性！要努力呀！

附上孙凯飞同志来信，请阅；是互通消息。

此致

敬礼！

钱学森

1991.1.14

选自《钱学森书信》第5卷，第436～437页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1991年2月9日致李德华教授：
人·机结合，开创出人类智慧的新水平

李德华[①]教授：

您2月5日信及附件都收到。十分感谢！

首先请代我向尊大人、我敬重的学者，致节日祝贺！谢谢他所赠珍贵的翰墨！

① 李德华（1946— ），男，广东丰顺人，1970年毕业于武汉大学数学系，曾为英国爱丁堡大学访问学者；现任华中科技大学教授、博士生导师、人工智能研究所所长、计算语言研究所所长；兼国家863计划306主题专家组成员、中国思维科学学会筹备组成员、《模式识别与人工智能》等5杂志编委；主要从事模式识别、人工智能和思维科学等研究工作，主持、参与十多项国家、省部级科研课题，发表论文百余篇。

对您和焦淑卿同志及您全家，我谨拜个早年！我的身体尚可，也不是带病工作，请释念！

两项科技成果的材料，已转戴汝为同志，供他研究参考。

我们这里的小班子总想超出洋人的那一套，用马克思主义哲学、辩证唯物主义为指导，人·机结合，开创出人类智慧的新水平，方法是从定性到定量综合集成法。附上材料供参考。

此致

敬礼！

钱学森

1991.2.9

注文：所附材料是钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》一文，刊载于《自然杂志》1990年第1期。

选自《钱学森书信》第5卷第469页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1991年4月30日致马佩教授：
辩证思维是高层次的，是思维科学中一大难题

马佩[1]教授：

蒙赐尊作《辩证逻辑教程》，十分感谢！拜读后深受启示，现将我的体会陈述如下，请指教。

（一）辩证逻辑实是辩证思维的规律，是思维科学的重要内容。

（二）辩证思维是什么？它是人们从事将感性认识上升到理性认识的思维过程。

（三）这一思维过程是高度复杂的，是我们一批搞系统学的同道称为从定性到定量综合集成法（以前称定性与定量相结合综合集成法），用来处理开放的复杂巨系统时的思维过程。定性就是点点滴滴、不全面的感性认识；定量就是全面的、深化了的理性认识。这一转变是一个飞跃，所以是辩证思维。

（四）我们从实践中，即在对开放的复杂巨系统的研究中悟到：这种思维过程是高度综合的，包括：（1）抽象（逻辑）思维；（2）形象（直感）思维；（3）社

① 马佩（1929— ），男，河南省巩义市人，1950年7月毕业于河南大学政治系，现为河南大学教授、逻辑研究室主任，曾任中国逻辑学会理事等多职；1990年被河南省命名为优秀专家；1993年获曾宪梓高等师范院校教师奖；撰写专著、教材23本，论文60余篇，获国家教委优秀教材一等奖1次、省优秀论著奖3次。

会（集体）思维；以至（4）灵感（顿悟）思维。所以辩证思维是高层次的，是思维科学中一大难题。现在离完整的理论尚远。您的书收集甚丰，是珍贵的资料。

（五）也因此，书后面的附篇，讲“辩证逻辑”的形式化，是对辩证思维的误解。

总之，研究学问，切忌脱离实际，从书本到书本！

此致

敬礼！

钱学森

1991.4.30

附呈拙文数篇。

选自钱学森著《创建系统学》，第415页，山西科学技术出版社，2001年11月第1版。

1991年5月14日致钱学敏教授：阐明科学技术体系及其外围的文章

钱学敏教授：

孙凯飞同志来信说您二位于5月7日下午讨论了，您已决定先写一篇进一步阐明科学技术体系及其外围的文章。对此我拥护。

因此我也想，此文似应讲清以下几点：

（一）从毛泽东《实践论》的观点，用感性认识、理性认识的概念来说明：1、这个科学技术体系是有机的、整体构造；2、这个科学技术有一个核心，马克思主义哲学；3、它是不断发展与深化的。

（二）也用《实践论》的观点说明：1、科学技术体系与第一层外围的区别；2、第一层外围与第二层外面的外围的区别，这就涉及梦了。

（三）主观与客观。这也涉及“美”。大科学家对科学理论也有美丑之分；例如A.Einstein就不喜欢量子力学，认为非决定论是“丑”的。我们认为马克思主义哲学是人类智慧的结晶，一切违反马克思主义哲学的东西都是“丑”的。所以人的最高境界是“性命双修”[①]。这也是中国古代哲人追求的人天合一吧？

---

① “性命双修”就是要不断提高对客观世界的认识并努力掌握其规律，使之达到意识的高度智慧，对世界上发生的一切事情，都能理解，都知道如何处理，从而免去一切“应激反映”，而且心宽天地广；也就是使之能顺利地调整人体功能状态，达到最优，人的潜在能力能发挥出来。因此可以说“性命双修”就是意识与身体双双达到最优功能状态。来源：鲍世行编《钱学森建筑科学书信手迹》，第102页，国防工业出版社，2013年7月第1版。

这些想法不成熟，仅供您考虑。我希望您在写的文章是“划时代”的，是第四次伟大尝试的关键战役，一定要打胜！

此致

敬礼！

钱学森

1991.5.14

注文：A.Einstein：Albert Einstein，阿尔博特·爱因斯坦（1879—1955），生于德国，后移居美国。20世纪最伟大的物理学家之一，1921年获诺贝尔物理学奖。

选自《钱学森书信》第6卷，第006～007页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1991年7月致梅磊同志：
脑科学的出路在于从定性到定量综合集成法

梅磊[1]同志：

看了您学生韩东旭的论文后，想到以下几点，写下来供您考虑。

（一）论文是历史性文件，应严肃认真。我收到的这本论文就：1）没有1—14页；2）91页是倒的；3）文献中英文字拼错的不少。

（二）论文既然明明白白地声称人脑是开放的复杂巨系统，那怎么又不加区分地把处理开放的简单巨系统的协同学、耗散结构理论也拉在一起说？这个区分是我们系统学讨论班在近三年来的发现，非常重要。

研究开放的复杂巨系统目前只能用从定性到定量综合集成法。这在我们研究得最深的又一个开放的复杂巨系统——社会，是走过上百年的曲折道路（包括数量经济学、Haken派、Prigogine学派）才认识的。在《自然杂志》1990年1期我们三人的文章讲得很多。

（三）脑科学的出路在于从定性到定量综合集成法。

（四）为此我有几条建议：

1）了解一下社会科学的历史，吸取他们的教训。

2）把社会经济问题用从定性到定量综合集成法的经验搬到脑科学研究。为此可能要把多方面、多途径的探讨综合起来：包括心理现象、生理现象，EEG、ET、

---

① 梅磊（1926— ），男，江苏省南通县人；1949年毕业于第二军医大学医疗系，1962年在苏联基洛夫军事医学科学院航天医学系获副博士学位；回国后在军事医学科学院航天医学研究所历任副研究员、研究员，兼中国空间科学学会第一、二、三届常务理事，空间生命科学专业委员会第一、二、三届副主任；主编中国大百科全书“空间生命科学”卷，参与编著多种重要著作，专著有《ET——脑功能研究新技术》，发表论文数十篇；获国家科技进步二等奖1次，国防科工委科技进步一等奖1次。

CT、PET、NMR……

3）要各方面的专家大力协同。这可能要动员有关学术组织来推动，也要国家科委、国家自然科学基金会的支持和领导。制定国家脑科学研究计划也是必要的。

以上是个庞大的设想。但考虑到人脑的重要性，我们又已看到脑科学的光明前途及发展方向，那为什么不大胆地把问题提出来呢？又一个开放的复杂巨系统不是有千万专家学者在攻关吗？那就是社会科学的研究队伍。

我对脑科学是个外行。这些话只供您和刘觐龙同志，还有您的学生考虑。不对的地方，请指出。

此致

敬礼！

又：混沌不是非决定的，混沌是有规律的。

注文：①《自然杂志》1990年第1期刊载钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的文章《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》。

②EEG：Electroencephalo-Graph，一般译为“脑电图”。

ET：Encephalofluctuograph Technology，一般译为“大脑涨落图分析技术”。

CT：Computerized Tomography，一般译为“计算机断层扫描”。

PET：Positron Emission Tomography，一般译为“正电子发射层折X射线摄影法”。

NMR：Nuclear Magnetic Resonance，一般译为“核磁共振”。

③这封信没有署名，也没有日期。钱学森1991年7月15日致梅磊同志的信中说明这是因为该信只供老师（梅磊）参考，据此推断写信日期应为1991年7月。

选自《钱学森书信》第6卷，第059～061页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1991年7月15日致梅磊同志：
把人脑用从定性到定量综合集成法来研究

梅磊同志：

7月7日信收到，上次送去讲韩东旭论文的那几张纸我未署名，因他是您学生，我的话只算供老师参考。

我很高兴您赞成把人脑作为开放的复杂巨系统，用从定性到定量综合集成法来研究。但具体干，我非行家，只能靠您来带头。

您要系统学讨论班的材料，我手头除已寄给您的之外也没有；将来如收集到，

再寄上。但我想Walter J.Freeman的著述及其他脑科学论著是可以用为素材的。素材到处都是。

奉上复制件，供参阅。

此致

敬礼！

钱学森

1991.7.15

注文：所附复制件是A Subtle Mind Contemplates Science一文，刊载于Scientific American杂志1991年8月刊。

选自《钱学森书信》第6卷，第062页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年

1992年3月2日致王寿云同志：提出“从定性到定量综合集成研讨厅体系”

王寿云同志：

您们几位正在写作的文章可否以此为题：《从定性到定量综合集成研讨厅体系》？这是把下列成功经验汇总了：

1.几十年来世界学术讨论的Seminar；

2.C3/I及作战模拟；

3.从定性到定量综合集成法；

4.情报信息技术；

5.“第五次产业革命”；

6.人工智能；

7.“灵境”；

8.人机结合智能系统；

9.系统学；

10.……

请酌。这是又一次飞跃！

钱学森

1992.3.2

注文：这是钱学森指导王寿云、于景元、戴汝为、汪成为、钱学敏、涂元季六人写《我们应该研究如何迎接21世纪》一文写给王寿云同志的信。此文在1994年底完稿，1995年初由钱学森推荐中央领导同志参阅。后收入钱学森著：《创建系统学》（山西科学技术出版社，2001年11月出版）一书。

选自《钱学森书信》第6卷，第266页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年3月6日致汪成为同志：“从定性到定量综合集成研讨厅体系”行不行

汪成为同志：

读了您3月3日信，感到您的确很用心，综合集成了国外工作，提出了您自己的看法。您说时间不够用，这是所有在一线的同志的困难，问题在于集中精力，提高效率：①在您负责的前提下，放手让副手大胆地去承担一个方面的工作；②用马克思主义哲学做指导。您千万要避免陷于日常繁琐事务。当所长要会当！

我对来信中的细节确实不懂，那么多花样的Technologies，我不了解其内容呀，我是外行人嘛。我只想说一点：我不以为能造出没有人实时参与的智能计算机。所以奋斗目标不是中国智能计算机，而是人—机结合的智能计算机体系。这是我对1989年讲的又发展了，我得益于近年来对从定性到定量综合集成的学习。我前次同您6位谈的就是这个认识。最近我向王寿云同志提出一个新名词，叫“从定性到定量综合集成研讨厅体系”，是专家们同计算机（可能要几十亿Flop）和信息资料情报系统一起工作的“厅”。这个概念行不行？请您们研究。

您3月3日信及此信已请王寿云同志阅。

此致

敬礼！

钱学森

1992.3.6

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，279～280页，浙江科学技术出版社，1996年12月第1版。

1992年3月9日致梅磊同志：
用从定性到定量综合集成法搞出人脑的科学理论

梅磊同志：

近见Mike Burton讲人记忆的文章，感到启发，故附上复制件。请参阅。

此文可取之处为：

（一）讲清为什么还原论的神经元、胶质细胞、神经网络研究不能解决问题。

（二）而他所谓心理学方法实即我们讲的从宏观角度研究人脑这个开放的复杂巨系统；而他的所谓计算机模型是有用的。

（三）现在的方法是宏观模拟，即从一个角度、一件事模拟人脑。

有了这些结果，然后才能用从定性到定量综合集成法搞出人脑的科学理论。

此致

敬礼！

钱学森

1992.3.9

注文：所附复制件是Mike Burton的Good morning,Mr…er一文，刊载于1992年2月1日New Scientist杂志。

选自《钱学森书信》第6卷，第273页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年3月13日致戴汝为同志：
目标是建成“从定性到定量综合集成研讨厅体系”

戴汝为同志：

我很高兴地读了您3月4日来信及附文《人—机结合的智能系统》。马希文同志首先提出人—机结合的概念，功不可没！

最近我已告王寿云同志和汪成为同志，现在再向您说，我们的目标是建成一个“从定性到定量综合集成研讨厅体系”。这是把专家们和知识库信息系统、各AI系统、几十亿次/秒的巨型计算机，像作战指挥演示厅那样组织起来，成为巨型人—机结合的智能系统。组织二字代表了逻辑、理性，而专家们和各AI系统代表了以实践经验为基础的非逻辑、非理性智能。所以这个厅是21世纪的民主集中制工作厅，是辩证思维的体现！

自本世纪初以来，发达国家中成功的科学研究中心，都有所谓seminar。我在Caltech就有幸参加过这种活动，印象很深，这真是民主集中！在社会主义中国，我们应该把这个宝贵经验与马克思列宁主义毛泽东思想加现代科学技术结合起来，这就是厅。

这个想法，请您们几位讨论并指教。

此致

敬礼！

钱学森

1992.3.13

又：民主集中制是中国老一辈革命家提出来的，但在他们的时代缺乏必要的科学技术手段来真正实现它。

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，第280～281页，浙江科学技术出版社，1996年12月第1版。

1992年3月23日致戴汝为同志：
综合集成研讨厅体系是完成思维科学的一个建议

戴汝为同志：

近读《中国社会科学》1992年2期（207页）王钟陵的《论神话思维的特征》，又联系到去年《自然杂志》5期戴运生的《第二次成人过程原理》，我想到一个问题：人脑的思维能力是不断发展的：

人类的历史含有此意；

一个人的思维能力也如此。

那么，它又是怎样发展的呢？第一是人脑这个开放的复杂巨系统有很强的可塑性，是活的，不是死的、不变的；第二加实践的作用。K.Popper有三个世界说：第一世界是我们说的不以人的意志为转移的客观世界；第二世界是主观世界，即脑；第三世界是人类实践累积的知识信息世界，这当然是前人和他人实践的创造物。因此，我想人的思维能力是第一世界与第二世界和第三世界相互作用的成果。

这样，研究脑科学的任务就是搞清这种思维能力发展的机理、机制，是精神学mentalias的核心。而思维科学的任务就是从思维的角度找出思维能力发展的途径并付诸实施。当然这里首先要解决：什么叫思维能力？也就是什么叫聪明、智慧？

我们要研制的从定性到定量综合集成研讨厅体系就是完成思维科学这一任务的一个建议。这能不能说是开拓性的想法？

思维科学也是动态的科学，不是静态的科学；我们要创立思维动力学，而以前我们说的只是思维静力学。

以上想法如何？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1992.3.23

选自赵光武等主编：《思维科学研究》，第605页，中国人民大学出版社，1999年8月第1版。

1992年8月27日致王寿云同志：
提出“大成智慧工程，Metasynthetic Engineering”

王寿云同志：

不知您是否已返京，先写这封信，因近日颇有所感，时不我待，中国人就要上天了呀！

前日上送朱主任一个美国人要抓Systems Integration的材料，即全国乃至世界信息一元化，这是第五次产业革命的大事。这几天又从戴汝为同志那里得美籍华人华云生的论文数篇是讲几项AI技术的；从王元同志那里得到讲计算机辅助教数学（数学Computer Assisted Instruction，CAI）的论文集。由此深感我们的从定性到定量综合集成法和定性到定量综合集成研讨厅体系所表述的概念还要深化。您的论文《国防系统分析方法的新近发展》也指向这一点。

什么呢？是否是：把人类几千年来的智慧成就集其大成，把计算机科学技术，人工智能技术，作战模拟技术，思维科学，学术交流经验，加上马克思主义哲学，合成为“大成智慧工程，Metasynthetic Engineering”。用这样一个词是吸取了中国传统文化的精华的，有中国味。

我想“大成智慧工程”的领导核心就是“第五次产业革命”的五员大将：您为主帅，于景元同志抓联系实际问题的这一核心，戴汝为同志负责吸取人工智能成就这一重要工作，汪成为同志负责软、硬件的组织工作，钱学敏大姐负责哲学方面的概念深化与提高。行不行？请你们商量。你们和我的联系人仍为涂元季同志。

最后，这件事关中国社会主义建设的大业，领导怎样抓？请朱主任提出，请国防科工委领导酌定。大事啊！

此致

敬礼！

钱学森

1992.8.27

附文件二，“大成”释。

《辞海》释“大成”：

（1）大的成就。1.指事功。《诗·小雅·车攻》：“允矣君子，展也大成。”2.指学问。《礼记·学记》：“九年知类通达，强立而不反，谓之大成。”3.指道德。《孟子·万章下》：“孔子之谓集大成：集大成也者，金声而玉振之也。”赵岐注：“孔子集先圣之大道，以成己之圣德者也。”

（2）完备，《老子》：“大成若缺，其用不弊。”

注文：AI：Artificial Intelligence，译为“人工智能”。

选自《钱学森书信》第6卷，第392～394页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年8月28日致于景元同志：
综合集成法及总体设计部是件非常重大的事

于景元同志：

听涂元季同志说您几位还有马宾老，正准备奉召向罗干秘书长的班子讲解从定性到定量综合集成法及总体设计部。这是件非常重大的事！

我建议：将来去讲的时候，可以说：没有综合集成法，没有总体设计部，国民经济发展年递增率只能定在9%，不敢再高了，因为吃不透。但有了真正的充分发展了的综合集成法，有了真正的总体设计部，年递增率可达15%、20%。我们靠这套科学方法能搞好高速发展中的全方位协调。要敢讲！敢冲！

请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1992.8.28

选自《钱学森书信》第6卷，第398页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年9月7日致梅磊同志：
汇集各家言的从定性到定量综合集成法

梅磊同志：

8月19日来信收到。

信中讲的意见很好。

人脑既然是一个开放的复杂巨系统，老方法（还原论方法）就不够用了：老方法的论文暴露出来的是只抓一点，不及其余！外国人也是因为没有辩证法，也陷入困境（见复制件，"Scientific American"今年9月"Mind and Brain"专刊）。

开放的复杂巨系统目前唯一可用的研究方法是汇集各家言的从定性到定量综合集成法。我希望中国的脑科学家们能及早弄通此理，掌握这个方法，并用这个方法。这是需要大力协同的，决不能各搞各地干！您要带这个头。行吗？

此致

敬礼！

钱学森

1992.9.7

注文：所附复制件是Jonathan Miller的Trouble in Mind一文，刊载于Scientific American杂志1992年9月刊。

选自《钱学森书信》第6卷，第420页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年9月27日致李德华教授：
开放的复杂巨系统要用从定性到定量综合集成法

李德华教授：

9月24日信及三篇稿子都收到，十分感谢！近月来戴汝为同志对人·机结合的智能系统在认识上有很大发展，您一定从他那里听到了。形势大好，对我有利！

有以下几点意见，写下来供您考虑：

（一）您讲了思维巨系统，很好。但您对从定性到定量综合集成法说得很少，而这是现在唯一可用以研究开放的复杂巨系统的方法。

（二）《记忆与思维》是把形象（直感）思维的要害点出来了，但未深入。您似乎受国外图象识别与人工智能专家的影响过深，跳不出来！您要注意脑科学及心理学方面的议论，如Scientific American1992年9月号"Mind and Brain"专辑就有不

少有用的东西。

（三）下面讲讲您在“863”计划“306”主题责任专家候选人评审会上的报告。第一是您对要用马克思主义哲学指导科学研究讲得太少了；外国人的错误就在于机械唯物论或唯心主义，不会运用辩证唯物主义的认识论！尊大人、胡世华先生和我又是此观点的积极宣传者。

（四）我觉得形象（直感）思维的关键在于人的实践经验沉积于人的脑中，是“事物形象→后果”的关系。简单的是婴儿认识母亲，认识了母亲就有奶吃。复杂的事物也无非如此，抓住形象知道后果。当然问题有时比较难，有一个以上大脑中的沉积形象与现实相似，选哪一个？但最后总可以找到，后果就出来了。这里的推理是事物形象一步到结果，难处在于在大脑库中找出恰当的形象，是一个搜索过程。

（五）我现在想灵感（顿悟）思维也是如此，只不过大脑要进入一种激发态，打掉常时障碍，一下子找到所要的形象。

我自已反省，我40岁以前大脑中框框可能多些，有时要在梦中突然找到所要的形象，这就是灵感了。但后来我思想可能解放了，懂得点马克思主义哲学，反而不出现灵感（顿悟）思维了。

以上五点供参考。不当之处请批评指教！

此致

敬礼！并请向李国平教授代我问安！

钱学森

1992.9.27

注文：此信复制件送戴汝为同志。

选自《钱学森书信》第6卷，第461～462页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年10月10日致钱学敏同志：
综合集成法的工作体系——综合集成研讨厅

钱学敏同志：

我近来有一个想法：

从定性到定量综合集成法要建立一个工作体系，从定性到定量综合集成研讨厅体系，即王寿云同志讲的又进一步发展了。而这是什么呢？这是利用我们的现代科学技术体系的思想，综合古今中外，上亿万个人类头脑的智慧！所以可以称之为：“大成智慧工程”！前无古人！

请教。

此致

敬礼!

钱学森

1992.10.10

选自王寿云等:《开放的复杂巨系统》,第284页,浙江科学技术出版社,1996年12月第1版。

1992年10月19日致戴汝为同志:为建立综合集成研讨厅体系的伟业而努力

戴汝为同志:

您见此信时想是刚从海外归来,访问很成功吧?

尊作《关于智能系统的综合集成》定稿已收到,仔细读了之后,深感这是一篇重要论文。

现在的任务之一是说服人、团结一切可以团结的人。因此想到那些搞模糊系统的人,那位搞灰色系统的邓巨龙。近日又见您的学会筹备组办的《思维科学通讯》1992年3期,上面有田运、叶眺新、徐章英、顾力兵等人的文章,也说到那位搞广义量化方法的郭俊义。所有这批人想的、说的,他们解决不了的问题,您的论文指出了唯一光明大道。我们有这个信心,就如同1921年中国共产党成立了,才几十人的党就看准了中国人民的前途,一条充满光明的大道!也正如党的方针之一是团结一切爱国自强力量一样,我们今天也要团结上述这些搞思维科学的散兵游勇,组织"统一战线",为建立从定性到定量综合集成研讨厅体系的伟业而努力。

我建议您的合作者,王珏同志写这样一篇文章,说服他们,讲明他们要干的,只能用我们的方法。您在"攀登计划"①课题组②中,对陈霖③同志、何振

① "攀登计划"是20世纪90年代初制定的一项国家基础性研究重大项目计划,包括ABC三类。其中,A类是国家基础性研究重大关键项目,共30个。

② "攀登计划"A类中第23项是"认知科学中若干重大问题的研究",课题组成员有何振亚、戴汝为、陈霖等;分三个子课题:(1)"神经网络理论的应用研究",由何振亚负责;(2)"关于知觉的拓扑性质的研究",由陈霖负责;(3)"思维与智能模拟",由戴汝为负责。

③ 陈霖(1945—),男,生于成都,原籍福州,1970年毕业于中国科技大学,曾为美国加州大学访问学者、Sloan基金会博士后、德国慕尼黑大学访问教授;现任中国科学院生物物理研究所脑与认知科学国家重点实验室教授、主任、博士生导师;2003年当选中国科学院院士;2004年香港求是基金会授予"杰出科学家奖";2009年当选国际认知科学联合会主席。

亚[1]同志也要如此。

我们的事业是伟大的，我们是要把古今中外千亿人的头脑组织成为一个伟大的思维体系，复杂超巨型系统。可否称之为“大成智慧工程”？

此致

敬礼！

钱学森

1992.10.19

选自钱学森《创建系统学》，第444页，山西科学技术出版社，2001年11月第1版。

1992年10月23日致钱学敏教授：
文艺、科学技术集成为《智慧与马克思主义哲学》

钱学敏教授：

近得陈晋：《毛泽东与文艺传统》（中央文献出版社，1992年3月版），翻看后深受启示。您读过这本书吗？

人的实践，通过大脑加工，可以形成感受，表现为文艺。如果抓住实践与文艺的联系，则文艺也是人智慧的泉源。这在毛泽东同志是非常重要的，因为毛泽东对科学技术知道的并不多，他的智慧主要来自文艺，他是用文艺去总结历史的。

这个看法对吗？您何不写一篇《智慧与文艺》？作为我1987年《智慧与马克思主义哲学》的补充与发展。科技人员是相信智慧来源于科技的，那容易流入机械唯物论和客观唯心主义。我们要做工作呀，要科技人员懂文艺、爱文艺。

当然，《智慧与文艺》加上“智慧与科学技术”就集成为《智慧与马克思主义哲学》了。以上请教！

此致

敬礼！

钱学森

1992.10.23

注文：《智慧与马克思主义哲学》一文刊载于《哲学研究》1987年第2期。

选自《钱学森书信》第6卷，第524页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

---

① 何振亚（1922—　），男，江苏省盐城人，1947年7月毕业于北洋工学院机电工程系，现任东南大学教授、博士生导师，培养的硕士、博士、博士后达135人；先后从事线性自适应滤波理论、神经智能自适应信息处理、盲信号处理、神经计算科学等研究，成果丰硕；多次参加、主持国内、国际学术会议；出版《自适应信号处理》等专著多部，发表科研论文600余篇，获省部、国家级奖励多项。

1992年11月5日致汪成为同志：
多媒体和灵境是综合集成研讨厅体系的关键技术

汪成为同志：

11月2日信及大作稿《多媒体和灵境是建设从定性到定量综合集成研讨厅体系的关键技术之一》都收到。文章容我仔细读，有什么看法，以后再向您报告。

英译“从定性到定量综合集成技术”为“Metasynthetic Engineering”，故厅体系可译为“Hall for Work Shop of Metasynthetic Engineering”即HWSME。

当否？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1992.11.5

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，第285页，浙江科学技术出版社，1996年12月第1版。

1992年11月8日致钱学敏教授：
大成智慧工程包括文化事业所产生的智慧

钱学敏教授：

读您11月2日信后才知您处没有陈晋的书，故请涂元季同志赶快代我买一本送上。现在您以为此书如何？

由于前信的观点，我想智慧即马克思主义哲学，而马克思主义哲学又源于1）科学技术体系——十大部门、十架概括的哲学桥梁，以及外围的知识点滴；2）文化事业的实践经验，也就是毛泽东同志讲的：“生产斗争、阶级斗争和科学实验”吧，也就是教育事业、科技事业、文艺事业、园林建筑事业、广播电视事业、展览馆博物馆事业、出版报刊事业、体育事业、旅游事业、美食事业、花鸟虫鱼事业、宗教事业、群众团体事业，十三业再加纪念物（古物、旧币、邮票、旧报、旧书）收藏事业，共十四个。还有什么智慧的泉源？上述对不对？都请您想一想，并把您的见解告我。

这是一个重要问题，因为：1）智慧的社会表现是人的思想品德；2）智慧又是“大成智慧工程”的内涵，以前我们谈的大成智慧工程还要扩展，包括文化事业的

实践经验所产生的智慧。另外，明年春日在杭州的研讨会，讨论对象要扩展，从科学技术体系扩展到智慧体系。

通过这方面的工作，我们要把人类的思维方法和技术大大推进一步。研讨厅体系是工具。

我们要高兴呵！现在只是开个头，开花结果在21世纪。

此致

敬礼！

钱学森

1992.11.8

选自《钱学森书信》第7卷，第007～008页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年11月16日致王副秘书长：
大成智慧工程研讨厅体系不宜公开讲

王副秘书长：

我觉得大成智慧学、大成智慧工程和总体设计部都可以公开讲，但大成智慧工程研讨厅体系不宜公开讲，不再扩大范围。请你们研究。

再就是你们要写一篇大文章：《我国改革的复杂系统工程与其实施的工程管理措施》（用涂元季和我的文章）。主要落到分三个层次的总体设计部体系：1、中央国家级，这在1991年3月初已向中央领导讲了；2、国家部委级；3、省（市、自治区）级。文章要讲清中国的改革是中国共产党领导下的又一次伟大革命，是革命！此文可在罗干秘书长那里试讲。

对大成智慧学，重要的一炮是明春杭州的会议。黄楠森教授、钱学敏、戴汝为去。请你们组织好。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1992.11.16

又：信息革命要深入研究！

注文：收信人“王副秘书长”是时任国防科工委科技委专职委员兼副秘书长王寿云同志。

选自《钱学森书信》第7卷，第020页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1992年11月24日致马弘毅同志：
吸取各方面意见的科学方法：综合集成法

马弘毅同志：

11月19日来信，大作“关于建立人民建议征集制度的建议”及附件都收到，十分感谢！

您的建议已见报刊，领导批示也是热情的，所以建议是会被接纳的。其实这也是我们党的党章规定的，要虚心听取人民群众的意见，走群众路线；最后在民主的基础上，才能实现正确的，实事求是的集中。

在党和国家制度方面，各级都设有信访接待单位。各级人民代表大会、政治协商会议每次会议（还有平时）都接受意见书和议案，还有其他措施。所以人民的意见、建议是有许多渠道上送党和国家的。再设人民建议征集制度可以更增加一个渠道。

我的经验体会是：国家及社会是开放的复杂巨系统，一个人、一个集体的见解是从其个人、小集体的实践体会得来的、一点一滴、有实践依据，有其真理性。但不可能全面。因此立即按其建议去实行，又会遇到许许多多原建议所没有考虑到的问题。过去，这就是这方面困难之所在。

因此近年来我们一直在研究如何吸取各方面多渠道意见，综合集成为全面的、可行的科学方法——系统工程方法。我们称之为从定性到定量（即定性与定量相结合）的综合集成法，并建议党和国家设专做此工作的咨询性总体设计部。这些想法见附上拙文两篇。

以上当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1992年11月24日

附：1.“一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论”

2.“再谈开放的复杂巨系统”

选自鲍世行、顾孟潮编著：《钱学森建筑科学思想探微》，第77页，中国建筑工业出版社，2009年5月第1版。

1993年

1993年1月2日致戴汝为同志：社会思维学也是“大成智慧工程”的一个因素

戴汝为同志：

蒋英同志和我都十分感谢您寄来的贺年卡！我们也向您拜个晚年！我在想：新的1993年对我们的“大成智慧工程”将带来什么呵？能开拓多少？看我们的努力了！

奉上去年早就收到的一位37岁的中青年写的书，任平：《广义认识论原理》。我在节日里才翻看了看，感到他讲的实是社会思维学，还说不上“认识论”！但他也机械地处理问题，核心的是如何相互启发，做到众人比一个人强，这他也没讲清。

我请您看看这本书，是讲能不能找位同志认真搞一搞社会思维学，即人的集体加信息技术该怎么工作？这不也是“大成智慧工程”的一个因素吗？

请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1993.1.2

又附上李德华的信及我复信复制件，请阅。

选自《钱学森书信》第7卷，第065页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年1月10日致戴汝为同志：也许可以试试把人脑移植入机器人

戴汝为同志：

元月2日信收到。

（一）吴鹤龄同志我不认得。杨春鼎同志是思维科学早年热心人之一，但他是搞文学的，毛病在于“浅”。

（二）孟凯韬同志能深入，不“浅”。但我早就对他说，距离是几何概念，是空间的曲率决定的，您的思维链有什么几何性质？这个问题不解决，距离怎么定？

所以他的“思维数学”只是数学。

（三）社会科学界还有位汤阌新（见《社会科学报》1992年11月19日）真敢“闯”，说形象思维是文艺人使用的，科技人员用的是“具象思维”！真令人哭笑不得！

（四）那位得Fields Medal的现任英国皇家学会会长Michael F.Atiyah也是乱说。我们不是谈过，数学的公理、定义和推理方法都来源于实践经验的概括，是不能用逻辑演证的。数学的公理、定义规定以后，又用公认的逻辑加以推演，那一套就是数学。代数如此，几何也如此。不然他怎么解释吴文俊的工作？

洋人洋人不过如此！他们的毛病就在于没有马克思主义哲学，最后也就落得个既“浅”又“笨”！

（五）我们说人认识客观世界是靠实践，实践经验存入大脑。人以后又有什么感受（心理学家称“感知”），人就在大脑库存中搜索类似的感受或“感知”，一旦认为找到了，新的“感知”就按老经验加以解释，即“感性认识”，这个过程即形象思维。

（六）形象思维似乎比逻辑思维更原始，但没有它不行；就连逻辑思维按上述（四）也来自形象（思维）的总结提炼而成。所以现在也有人在讲要机器人有人的智慧做不到，也许可以试试把人脑移植入机器人。我们是这样干的：人与机的结合嘛。

年假中还写了信送您，现在您该看到了。

这些话如何？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1993.1.10

选自《钱学森书信》第7卷，第084～085页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

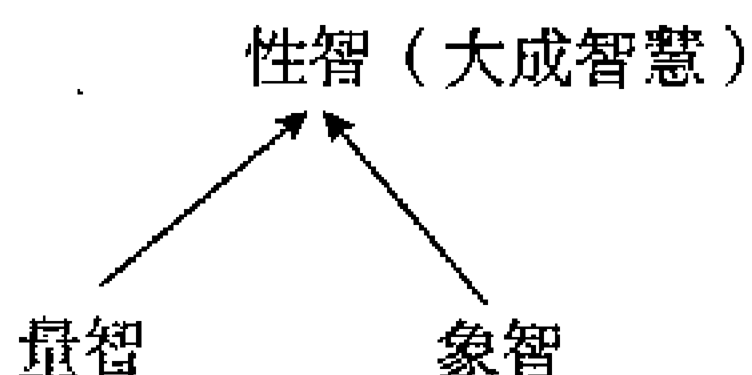
1993年1月25日致戴汝为同志：
性智可分两层，低层称“象智”，高层的才是性智

戴汝为同志：

见到您元月21日来信后，我一直在思考。我很同意您的看法。总之，机器是很有用的，但还是人用机器，人·机结合中人仍是主人。因此我们要改进人的感知能力,Multi-Media技术（江总书记在不久前的宣传部长会议上的讲话用了“大众传媒”

技术这个词）及灵境技术都是这个目的。Lenat、Feigenbaum、Hewitl的工作也是这个目的。当然，外国人的这些工作我们都要利用。

至于人的思维，我们一直说有抽象（逻辑）思维、形象（直感）思维、灵感（顿悟）思维和社会思维。又说有量智及性智。近日我想：性智可分两层，低一层次是以形象为基本的，可以称“象智”，高层的才是性智。所以



此致

敬礼！

钱学森

1993.1.25

选自《钱学森书信》第7卷，第090页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年1月31日致戴汝为同志：

形象思维和灵感思维，综其大成的是社会思维

戴汝为同志：

元月27日信及朱梧槚（木加贾）教授写的《中介系统简释》都收到。您说对我的做法“应该加以学习”。但我能这样干是因为有党和人民的支持，有领导给的生活和工作条件，而这是十分难得的呵！

我在1988年2月2日，在有您参加的一次会上讲过“思维系统”。朱梧槚的工作就是思维系统的建立中的工作。他的CL是一阶逻辑？还是现代的更广的多阶逻辑？应该把ML与多阶逻辑体系的关系搞清楚。另一方面，将来ML也要沉[①]现出结构，把形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维包括进去；最后综其大成的是社会思维了。这才是思维系统，是大成智慧学了。

翻看了Arnheim的书，感到说得好，是我们多年来一直宣传的观点。我还要仔细读，您我有何心得再交流吧。总之，这是本好书，应多加介绍。

此致

敬礼！

钱学森

1993.1.31

① 此“沉”字可能是笔误，应为“呈”字。——编者

注文：Arnheim：Rudolf Arnheim，鲁道夫阿恩海姆（1904—），生于德国，后移居美国，著名的文艺心理学家。

选自《钱学森书信》第7卷，第105页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年2月21日致钱学敏教授：
大成智慧学是根本 性智与理智相结合

钱学敏教授：

很感谢您2月17日的信，读后一直在思考。现在我想的如下：

（一）社会主义市场经济问题。江泽民同志在十四大报告中的话是："我们要建立的社会主义市场经济体制，就是要使市场在社会主义国家宏观调控下对资源配置起基础性作用……"所以市场经济如果没有社会主义国家宏观调控，是配置不好资源的，这正是恩格斯致约·布洛赫信中说"不自觉地和不自主地起着作用的力量的产物。"因此我认为必需要社会主义国家宏观调控，不能只说市场经济能对资源起配置作用；实际自由资本主义时代的市场经济其混乱即由于此。

西方经济学家为什么不说清楚这一点？也许就在于（1）怕否定自由资本主义；（2）怕把国家宏观调控这只可见的手亮出来，人民会不满意。我们不能跟着他们跑！

再有一点：既然强调市场经济的主要动力是那么多"平行四边形"的人，所以必须强调社会的作用，市场只是整个社会的一部分。这一点法国的克里斯蒂安·巴雷尔是对的（见中央编译局《国外理论动态》，1993年2月1日第4期（总第86期）4页）。

以上若从开放的复杂巨系统的观点来看，是很清楚的，市场经济是个复杂巨系统，我们无法深入到每一个企业、每一个人，不能用还原论的老科学方法，只能从经验中找到宏观调控的手段——用从定性到定量综合集成法。

（二）对于大成智慧学。从您信中讲的情况看，哲学家们大多数对社会科学的实际不熟悉，还停留在老本本中。而社会科学哲学家们对自然科学技术真是茫然无知。总之，现在是专家多，各抱一小块，说得头头是道，但一出这一小块，便闭口无言，或胡说八道！这实在可悲！哪里是马克思列宁主义毛泽东思想？因此，我们的任务就在于宣传大成智慧学。黄楠森教授真是难得的大师！哪天大成智慧学被大家接受了，中国就一日千里了。

您写的大成智慧学文章，写的如何了？甚念。

（三）中共中央党校要写《现代科学技术大纲》，也难；没有清楚的科学技术体系结构，或者知道有而又不敢亮出来，这就是吴义生同志多年来的困境。我已

去信劝他，书还是按中央肯定的三大块写吧，1.面向经济建设主战场的科学技术；2.高新技术；3.基础科学。不知如何？

写了那么多，一句话：大成智慧学是根本。性智与理智相结合。

此致

敬礼！

钱学森

1993.2.21

吴敬琏的书还没有读，以后再读，因我现在并不要否定市场经济。

选自《钱学森书信》第7卷，第127~129页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年2月25日致戴汝为同志：
跨学科之重要性，所以大成智慧学是当务之急

戴汝为同志：

从2月8日起，又有2月16日、2月19日两封，共4封信，还有您和王珏同志文，田捷同志信及ITDSS简介，都读了。很感谢！认识到的有以下几点：

（一）您提出“巨型智能系统”的概念是个突破；而且又明确分为四种方案，把一直到今天的各种设想系统化了。我赞成“自力型”与“社会型”的说法，而最后一种是把人包括进去了，是超巨型智能系统了。

（二）凡是“社会型”的巨型智能系统都有“进化”的特征，即系统不断成长、不断提高。我们的HWSMsE就是如此的。这一点是否要强调？请考虑。

（三）既然机器还不能认识形象，田捷同志的ITDSS用人来干这件事，那是否在我们的HWSMsE超巨型智能系统中就请专家们干这件事？这是把形象（直感）思维半机械化了。

其实我说的“情报的激活”也是这回事。汪成为的OO软件技术办不了，就把人引进去。我1983年就是这么说的，见附上复制件。请教。

（四）当然人还可以创造出“库”里没有的形象，这是“悟”了。现在我想灵感（顿悟）思维就是这么一回事。灵感、悟都是“无中生有”；自然这“无”也不是真空，是有一切过去之“有”为基础的。可是一旦灵感来了，悟出来了，又成为一种入库的形象，增加库容了。这就是成长。

以上当否？请教。

敬礼！

钱学森

1993.2.25

又：近来我深感跨学科之重要性，R·Arnheim就跨学科。所以大成智慧学是当务之急！

注文：① HWSMsE：Hall for Work Shop of Metasynthetic Engineering，译为“综合集成研讨厅”。

ITDSS：Information Technology Decision Support System，译为“信息技术决策支持系统”。

② 所附复制件是《科技情报工作的科学技术》一文，刊载于《国防科技情报工作》1983年“特刊”。

选自《钱学森书信》第7卷，第133～134页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年2月28日致汪成为同志：
Santa Fe Institute的工作对HWSMsE也有用

汪成为同志：

寄文“Complexity”第一部想已见到，今再附上去年在Scintific American上有关的“genetic Algorithms”复制件。美国Santa Fe Institute的工作对我们的HWSMsE也有用，不知您意如何？

此致

敬礼！

钱学森

1993.2.28

注文：Santa Fe Institute：简称SFI，译为“圣塔菲研究所”，坐落在美国新墨西哥州，是复杂性科学研究的前沿阵地。

HWSMsE：Hall for Work Shop of Metasynthetic Engineering，译为“综合集成研讨厅”。

选自《钱学森书信补编》第4卷，第135页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1993年3月9日致戴汝为同志：
我们七个也是一个集体，要相互帮助

戴汝为同志：

3月6日信及尊作修订稿都收到，改得好。现在还有一个问题是：提不提Santa Fe

Institute的工作？他们也是不满于封闭型的老一套，但好像还没有完整的方法。您以前读过他们的论述吗？

您是正当年，在第一线负责，时间十分紧张，像我大约30年前的情况。从前我的老师von Karman也如此，他的办法就是用那时在他手下的博士生及博士后班子，大约十来个人，叫班子去浏览文献，参加讨论会，这样来收集信息，然后放到每星期的seminar来议论，汇集百家之长。我想您也应在您左右弄这样一个小班子。要依靠集体组织呀！

我也可以为您提供点信息。我们七个，包括涂元季，也是一个集体，要相互帮助。您们能不能半月一聚？

当然，最后一招是马克思主义哲学，这是我们的法宝。

请酌。

钱学敏同志在写大成智慧学的文章，您们何不讨论一下？

此致

敬礼！

钱学森

1993.3.9

注文：von Karman：Theodore von Karman，西奥多·冯·卡门（1881—1963），生于匈牙利，后移居美国。世界著名航空工程力学大师、空气动力学家、航天技术理论的开拓者。钱学森的博士生导师。

选自《钱学森书信》第7卷，第146～147页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年3月12日致于景元同志：
人·机结合智能巨系统为“尖端科学技术”

于景元同志：

您现在是人民政协第八届全国委员会委员了，明天会议就开始了，所以此信您开完会才会见到。我们的开放复杂巨系统学和大成智慧工程要十几年后才能为人们所接受，太新奇了嘛。一切开拓者都会有这种遭遇，心放开吧。

但放开心，并不是逍遥，是省[1]时度势地战斗。您在政协就要利用机会宣传我们的观点。这我已干了多年了，仍需努力而已。

程极泰教授的名字好，表示了chaos。但他用“浑沌”，这在1990年已经国家自然科学名词审定委员会定为“混沌”，教授落后了！一笑。美国有一帮搞所谓

① 此“省”字似为笔误，改为“审”字更好。——编者

complexity的人，主要似在Santa Fe Institute；前已附上一复制件，Scientific American常有这方面的文章，今年1月号又有一篇。我还没有搞透他们这一套是什么，所以非常愿意听听您的意见。可否以此为中心题目，到4月初我们7人小组谈一次？

国家科委要设国家系统工程研究中心，我当然赞同。但这是第三个中国的研究机构了；第一个是您现在当副所长的710所，老大哥。第二个是国防科工委的，汪成为领导的系统工程研究所。

我很高兴知道您同意“巨型工程”的概念。从前我们还有一个词：“尖端技术”。后来我把它扩展为“尖端科学技术”。现在该怎样把这两方面协调起来？是否国家抓的重中重科学技术开发为“尖端科学技术”。如50年代开始的导弹卫星则似应归入“巨型工程”，因科学技术原理性研究较少；而核弹则似兼有“尖端科学技术”性质。我们提倡的人·机结合智能巨系统，则为“尖端科学技术”。

但不论“巨型工程”还是“尖端科学技术”，都是国家级的项目，要国务院总理直接抓。这不是什么社会主义市场经济，不是产业。请您写篇大文章，或您们几位共同执笔？请酌。

我不去会场，在家读文件。

此致

敬礼！

钱学森

1993.3.12

选自《钱学森书信》第7卷，第154～155页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年3月21日致戴汝为同志：
您和王珏同志要出一本书，讲讲大成智慧工程

戴汝为同志：

见此信时，您想已自沪回京。

您和王珏同志要出一本小书，讲讲大成智慧工程，这当然对我们的事业有好处。但我已退居二线，“中国市场”上的风云，我不清楚。出书有没有负作用？副作用？这要请您们几位仔细考虑，审时度势嘛。最后由您们定。我已告王寿云同志。

Complexity的工作，我还吃不透。于景元同志说他有些看法，待他忙过全国政协的会，于4月上旬我们几个可否再聚一次，谈谈这件事？

我总在读Arnheim的书，还没有对我们的核心问题悟出道理：一个形象是怎样在大脑库存中经过搜索而被认知的？这是形象（直感）思维的关键问题。您们的计

算机识别手写汉字似尚未解决这一难题。对吗?

此致

敬礼!

钱学森

1993.3.21

选自《钱学森书信》第7卷,第162页,国防工业出版社,2007年5月第1版。

1993年3月23日致钱学敏教授:“从定性到定量综合集成法”是我们的主要贡献

钱学敏教授:

3月20日信及文稿3页都收到。信使我感动!但您过于自谦了,您是我们班子里唯一的一位社会科学哲学家,是一员大将呵!我还要向您学习马克思主义哲学呢。

3页稿子写得很好。只一点:我原来称为“定性与定量相结合综合集成法”,后来我悟到我们要照毛主席在《实践论》讲的,从感性认识上升到理性认识的道理,在工作中把专家们从实践中总结出的定性认识,点点滴滴,不一定全面的东西,用系统模型加电子计算机试算,逐步搞清搞准,上升为定量认识。所以改称为“从定性到定量综合集成法”。这是我们把毛主席的《实践论》和党的群众路线引入系统学了,是我们的主要贡献。稿子要不要着重写上这一观点?请酌。

此致

敬礼!

钱学森

1993.3.23

文稿奉还。附拙文一篇请教。

选自《钱学森书信》第7卷,第163页,国防工业出版社,2007年5月第1版。

1993年4月10日致戴汝为同志:从定性到定量综合集成研讨厅体系的核心还是人

戴汝为同志:

4月3日信收到。因为现在您参加的“攀登计划”中的课题组中有心理学的人,我想提一个问题请你们研究:在从定性到定量综合集成研讨厅体系中,核心的还是人,即专家们。整个体系的成效有赖于专家们,即人的精神状态,是处于高度激发

状态呢，还是混时间状态。只有前者才能使体系高效运转。如是后者，那就难说了。您如问我，我最幸福的时刻是：

（1）在美国Pasadena参加Von Karman主持的seminar；

（2）20世纪60年代在北京人民大会堂参加周恩来总理主持的“中央专委”会议。

原因我体会是，高度民主的气氛，所以思想活泼。前几年我们的每周系统学讨论班就差远了；至于我参加过的国内研讨会就更差了，死气沉沉！这是个大问题。请考虑。心理学家要讲清楚。

此致

敬礼！

钱学森

1993.4.10

选自戴汝为著《社会智能科学》，第221页，上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

1993年5月6日致钱学敏同志：“大成智慧”必须集一切有用之“材”

钱学敏同志：

五一节来信收到。

关于美国Santa Fe Institute学派我们要一分为二，他们不懂综合集成，即辩证统一；但他们认识到还原论之不足，主张从宏观去认识开放的复杂巨系统（即他们的complexity），并从宏观得到粗浅认识；主张用从混沌的观点得到的相互作用，去建立计算机模型，从计算机构筑更进一步的宏观认识，这是用我们的观点去解释Santa Fe Institute学派的工作。用他们的话表达，则见前送上从《New Scientist》复制件的第5页右方。这是他们的贡献。

这个方法对实践经验不那么直接依赖，有超前的可能，比人的专家在这一点上有优越性。当然由于人对开放的复杂巨系统从宏观得到的认识有局限性，又因今天的巨型电子计算机也不够用，所以这一方法得到的结论也只是一家言，是“SFI专家”。我们也只能把它作为我们综合集成专家言中的一家，但忽视这位“SFI专家”也是不对的。我们是“大成智慧”嘛，是metasynthesis嘛。必须集一切有用之“材”嘛！

以上是4月23日上午我们谈到的观点。供参考。

您在写的正如五一节您信中所称，是第一稿，大家还要讨论，研究如何加深，

最后才定稿。所以您胆子要大一些，先写出来让大家看，不必写几页就送给我看，这样太费时间，已经4个多月了呀！要加速，6月底，用半年写出初稿行不行？这是我的建议。

文稿奉还。

此致

敬礼！

钱学森

1993.5.6

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，第288～289页，浙江科学技术出版社，1996年12月第1版。

1993年6月6日致钱学敏教授：人类的智慧：性智与量智，二者综合为大成智慧

钱学敏教授：

又有几个星期未见面了。伯母大人已康复了吧，请您代我问候。也问俞教授好。

我近得“1993科学与艺术研讨会”的文件，现奉上供参阅。我看其中讲的可分为两部分：一是为文艺服务的科学技术，二是科学与艺术的结合部。这后者实际上是说人类的智慧有“性智”与“量智”两方面，二者综合为大成智慧。所以科学与艺术是相通的。您看如何？

此致

敬礼！

钱学森

1993.6.6

附上一篇讲科学知识结构的文章，请阅。比我们的如何（见《科学画报》1993年1期）？

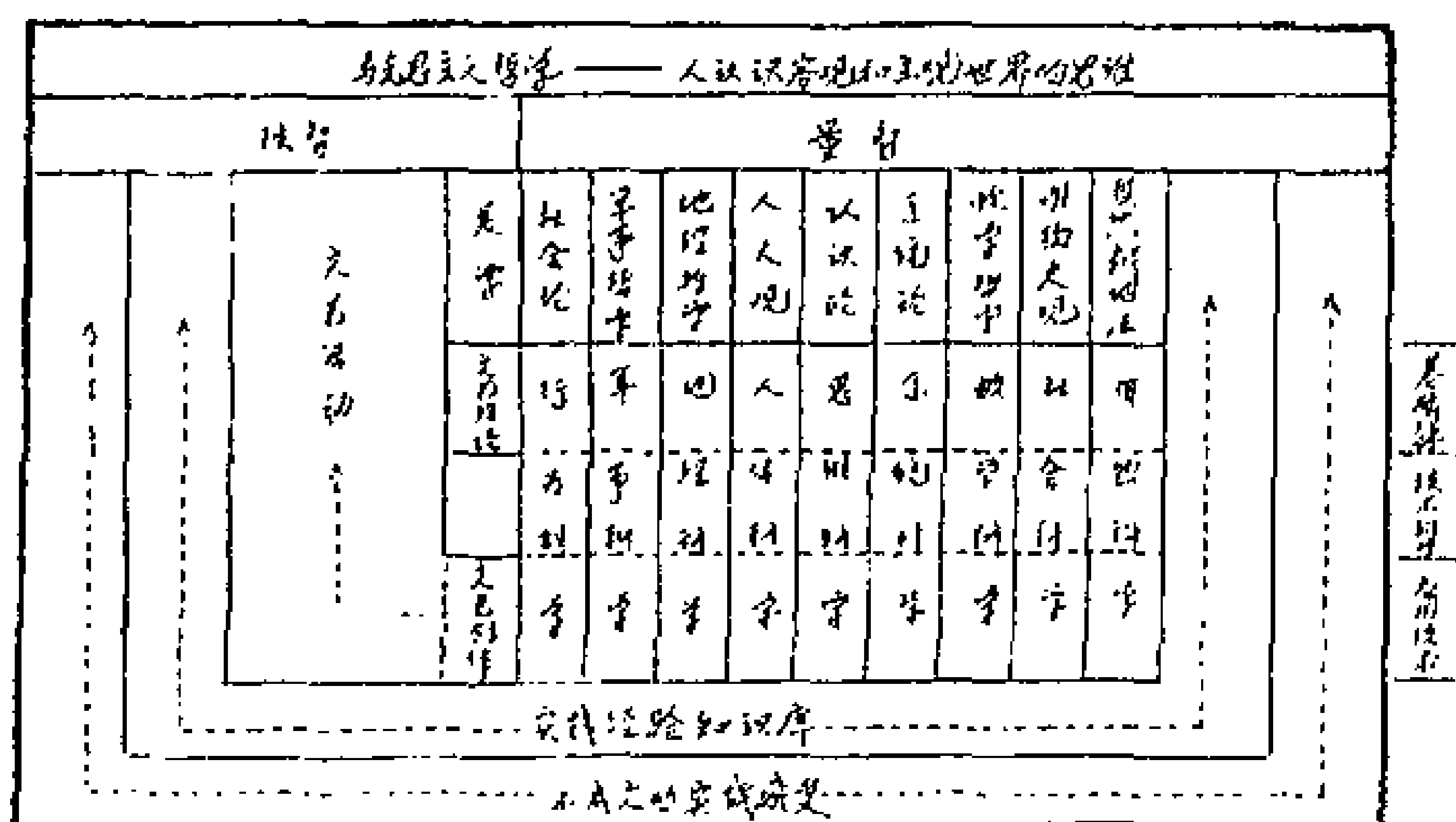
选自《钱学森书信》第7卷，第237页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年6月10日致钱学敏教授：知识体系论、大成智慧学是革命的锐利武器

钱学敏教授：

前上一函说到认识世界的思维体系、性智与量智，以及大成智慧学作为马克思

主义哲学发展深化的一个新阶段。现将我们那张老图增补了一下，另绘新图附上，请看还有什么毛病。



另有两件有关的事。

一是近读吴国盛著《自然本体化之误》（湖南科技出版社1993年3月出版），有些想法。吴国盛是位才29岁的中国社会科学院哲学研究所自然辩证法研究室助理研究员，是个聪明人，是黄楠森教授的学生。1964年8月21日生于湖北广济，15岁入北京大学地球物理系学空间物理，1983年19岁毕业；又入北京大学哲学系，于1986年22岁获哲学硕士，到中国社会科学院哲学研究所。此书是批中国的自然辩证法工作者近年来的一些钻牛角尖的怪论的。而中国自然辩证法工作者怎么会有这些错误呢？吴国盛没有讲。我认为他们之所以犯错误是由于他们不懂今天的自然科学，死啃老书本！上次送您的李政道教授的文章就不是这样。由此可见附图的重要性。

二是我读了一篇徐崇温同志（也是中国社会科学院哲学研究所的，是研究员）写的《什么是“西方马克思主义”》（《内部参考》，人民日报总编室编印，1993年23期），其中讲到：在西方国家“统治阶级的统治，主要不是建立在暴力的基础上，而是建立在统治阶级对于被统治阶级在意识形态和文化上的领导权的基础上，建立在被统治阶级由此而对统治阶级的统治所给予的‘同意’的基础上，这就给西方资产阶级政权带来了强大的力量。”

所以我们在做的工作是有十分重要意义的，以马克思主义哲学为指导核心的知识体系论、大成智慧学是革命的锐利武器！

总之，我们要加油干呵！

以上当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1993.6.10

《钱学森书信》第7卷，第242～244页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年7月8日致钱学敏教授：
人的智慧：量智和性智，此为“大成智慧学”

钱学敏教授：

昨日（7月7日）信收读。

关于世界社会形态问题，首先是树立这个概念，然后再详细论证。中国人民大学在这方面人才很多，我希望他们对这样一个关系到21世纪的大问题有所树建。

熊十力先生是唯心主义者，但马克思在当年不也吸取了黑格尔的东西？辩证唯物主义不就是取唯心主义和机械唯物论之所长，弃其所误而形成的吗？核心的问题在于承认客观世界是不以人们的意志而存在的，是物质的；连人、人脑也是物质的。但（重要的“但”）人脑中所形成的对世界的认识则是人根据实践，个人实践和表达出来的他人（包括古人）实践而在脑中加工而成的。这是一种特殊的物质运动。也因为这个原因，人脑中的认识不等于客观世界本身，永远不会如此，只能经过曲折的道路逐步逼近。

人的认识过程是对客观存在的、开放的复杂巨系统的研究。方法有两种：

1.还原论的，即分解事物，加逻辑推断；

2.整体观的，即从事物的宏观现象（出发），用形象思维去领会。

前者给出的可以借用熊先生的词，称量智；后者给出的则可以借用熊先生的词，称性智。

所以也就是思维方法中所谓逻辑思维与形象思维之分。我记得看到过毛泽东同志批评那些认为人只有逻辑思维的人，说还有形象思维。这几年来，我考虑思维科学问题的过程中，这一思想越来越清楚：光用还原论的逻辑思维是不够的，一定要加上整体观的形象思维（包括灵感思维）。因此人的智慧是两大部分：量智和性智。缺一不成智慧！此为“大成智慧学”，是辩证唯物主义的。

以上讲的，是我这个“业余爱好者”的话，未登大雅之堂，我向您这位马克思主义哲学专家请教！

此致

敬礼！

钱学森

1993.7.8

又：《哲学研究》1993年6期26页高清海教授文可一读。

注文：熊十力同志是中国现代著名哲学家，全国政协第二届至第四届委员，钱学森在构建现代科学技术体系时借用了他的“性智”、“量智”的概念。

选自《钱学森书信》第7卷，第261～262页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年7月16日致戴汝为同志：

大成智慧工程与大成智慧学就是把形象思维和抽象思维融为一体

戴汝为同志：

收到您7月11日信后，读了好几遍，对我启发至深！您从中国传统文化中的“意”与“象”的关系，把它们都作为整体宏观的思维来考察，把“意”作为最高的理性认识，“象”则为感性认识。这是注入了从定性到定量综合集成的思想，好极了！

Arnheim的《视觉思维》只说到“象”。中医的“望闻问切”是经过医生用学问和经验综合判别为医“象”，但怎么治病，还要进一步用中医的人体宏观理论，阴阳和金木水火土相生相克的理论，加临床经验，再上升为治病的“意”。您最后的Pi（Ii，Si）是思维认识的简洁表达。我们的大成智慧工程与大成智慧学就是这个思想。您把形象思维和抽象思维融为一体了。

用此理论培养学生，就可以适应我前次给您去信提出的问题：如何迎接即将到来的多媒体技术和灵境技术世界。当然讲辩证统一，还靠马克思主义哲学（见附图）。

马克思主义哲学——人认识客观和主观世界的科学

性智		量智									
文艺活动	美学	社会论	军事哲学	地理哲学	人天观	认识论	系统论	数学哲学	唯物史观	自然辩证法	基础理论
	文艺理论	行为科学	军事科学	地理科学	人体科学	思维科学	系统科学	数学科学	社会科学	自然科学	技术科学
	文艺创作										应用技术

实践经验知识库

不成文的实践感受

以上请教。

此致

敬礼！

钱学森

1993.7.16

又附上朱梧槚同我的通信，供参阅。

选自《钱学森书信》第7卷，第266～267页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年7月18日致钱学敏教授：
兼备“性智”与“量智”的“大成智慧者”

钱学敏教授：

7月13日信收读，因您说这几天您要忙于粉刷居室，所以这封信就付邮了。

（一）关于历史正进入世界社会形态：

（1）我不写什么文章，您署名写就行了。

（2）还是用世界社会形态为宜，概念重在历史的新阶段；似该用马克思主义的用词。社会形态似乎可以有不同政治制度在内并立；如满清时代，社会形态当然是封建社会形态，但除封建政治制度外，在少数民族地区也有更原始的政治制度。

（3）要讲其形成过程，我们现在才进入世界社会形态；19世纪就有世界各地交往，如殖民侵略，但还不是邓小平同志重要谈话和江泽民同志在党的十四大报告中讲的世界。

（4）要指出今后一段历史是以世界社会形态培育世界大同，即共产主义。

（二）性智、量智、大成智慧学：

（1）有关文章也当然请您写。

（2）事物的理解可分为“量”与“质”两个方面。但“量”与“质”又是辩证统一的，有从“量”到“质”的变化和“质”也影响“量”的变化。我们对事物的认识，最后目标是对其整体及内涵都充分理解。“量智”主要是科学技术，是说科学技术总是从局部到整体，从研究量变到质变，“量”非常重要。当然科学技术也重视由量变所引起的质变，所以科学技术也有“性智”，也很重要。大科学家就尤有“性智”。

（3）“性智”是从整体感受入手去理解事物，中国古代学者就如此。所以是从整体，从“质”入手去认识世界的。中医理论就如此，从“望、闻、问、切”到“辨证施治”；但最后也有“量”，用药都定量的嘛。

（4）我们在这里强调的是整体观，系统观。这是我们能向前走一步的关键。

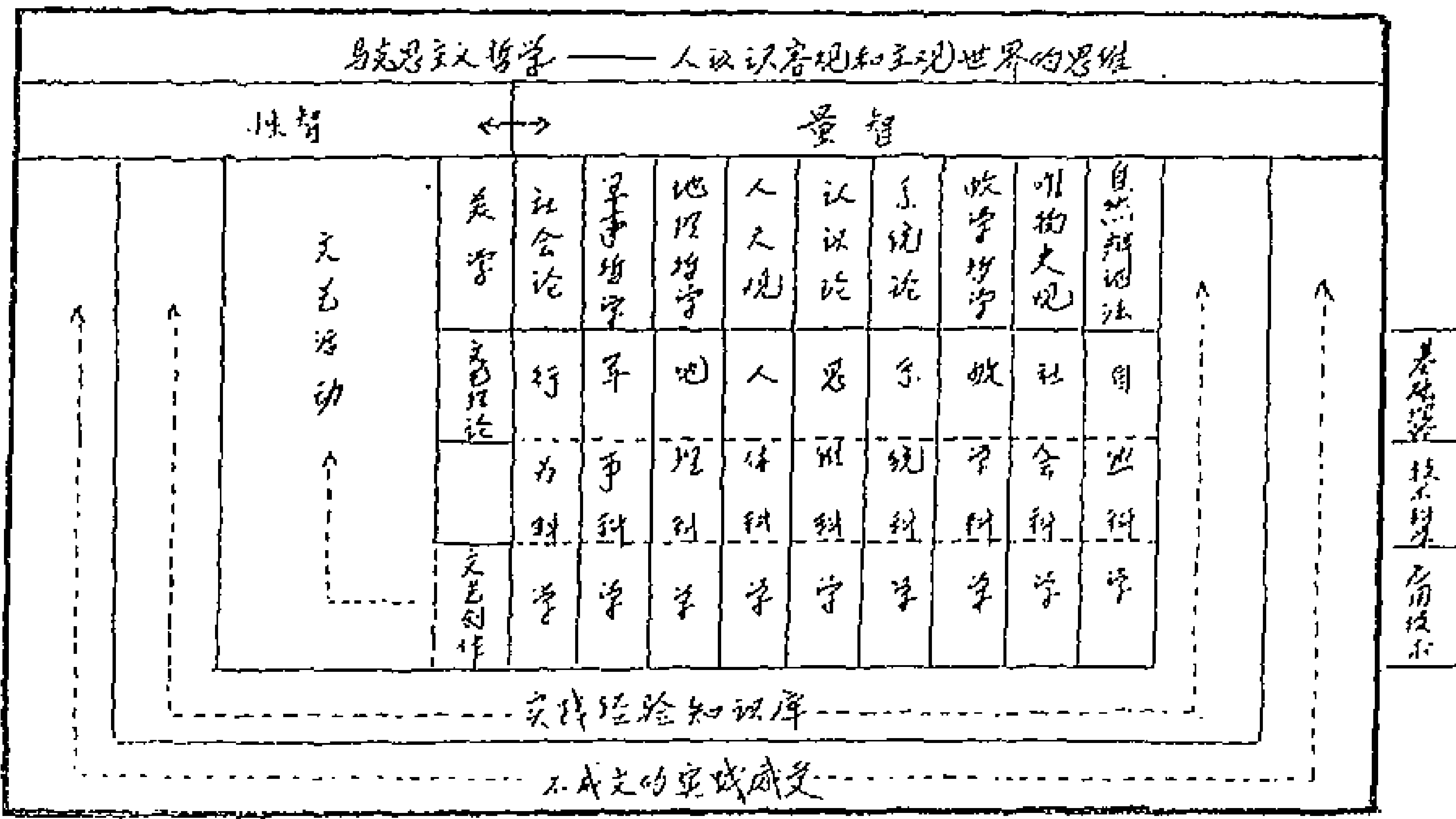
所以是大成智慧学。

（5）我个人体会是埋头于细节、埋头于量变是“死心眼儿”，von Karman教我认识这一点。后来学了点马克思主义哲学才豁然开朗。近年来弄系统科学，真有了点整体观了，才搞了点“性智”。当然，我国老一代革命家都是兼备“性智”与“量智”的“大成智慧者”。

（6）我们正进入第五次产业革命（信息革命）的时代，有全世界的信息网络（通过信息数据库、计算机、全球通信），还有多媒体技术和灵境技术，使人眼界大开。大量信息如大潮，人可不能被淹，要学会在信息大潮中游泳。这是否要求21世纪的人要是“大成智慧者”？那就要改造我们的教育制度了。

（7）前附知识体系图中，“性智”与“量智”用实线隔开不妥，要加个双向箭头，如附图，以示科学技术与文艺是相通的。

以上妥否？请教。



请代我问俞长彬教授好。

附上《马克思主义与现实》1993年1、2两期，供参阅。

此致

敬礼！

钱学森

1993.7.18

选自《钱学森书信》第7卷，第268～271页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年7月27日致戴汝为同志：
AN法有用，可为综合集成法中的一位“专家”

戴汝为同志：

7月24日信及关于复杂性问题的讨论稿都收到。

我在以前给您的信曾对SFI先生们鼓吹的AN法有过评价。

这个方法能借助于大型电子计算机把复杂巨系统的整体行为，在只知巨系统下一级子系统的性能条件下，表达出来，这是一个突破。在面对一个开放的复杂巨系统，要是专家们还不熟悉，对其整体宏观行为毫无把握，那AN法不失为一得之见，即一位AN+计算机构成的“专家”。但也只不过是一得之见，因为子系统下面还有更下一级的子系统，子系统也是复杂的。例如：在股票市场模拟中的学生，就受其文化思维的影响。

因此SFI的AN法有用，可以作为从定性到定量综合集成法中的一位“专家”。我们还要靠真人的其他专家。AN法也要“综合”进来。

此致

敬礼！

钱学森

1993.7.27

注文：AN：Artificial Neuro-network，译为“人工神经网络”。

选自《钱学森书信》第7卷，第286～287页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年7月31日致王寿云同志：
这里cyberspace，以前有noasphere（智慧圈）

王寿云同志：

我前些日子曾建议你们写一篇在我国开展第五次产业革命的文章，有行动吗？我现在认为此事有紧迫性，因为同铁路建设一样（那是为了前几次产业革命），现在要规划我国的信息网络建设。这包括1、通信网，2、计算机站，3、资料图书库（图书馆入磁带、盘片），4、卫星定位，5、灵境，6、软件……，到2000年就一定要着手开始搞。

请你们讨论。

附复制件3份，供你们参阅。这里用了cyberspace，以前有noasphere（智慧圈）。

钱学森

1993.7.30

注文：在钱学森的指导下，戴汝为、于景元、钱学敏、汪成为、涂元季、王寿云六位同志合作了《我们正面临第五次产业革命》一文，刊载于《光明日报》1994年2月23日第3版。

选自《钱学森书信补编》第4卷，第201页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1993年8月2日致吕嘉戈大夫：
综合集成法是处理开放的复杂巨系统的正确方法

吕嘉戈大夫：

7月25日来函及大作《易经新探》都收到，十分感谢！

从该书第十章的内容看，您也认为易的方法论还要发展，不是一成不变，永远完美无缺。这个观点是正确的，是马克思主义哲学的观点——事物总是不断发展的。当然，您对控制论、系统论、信息论还不能深入理解，随大流地也说什么“三论”；其实其中只是一论，即系统论，系统科学的马克思主义哲学概括，它也包括了控制及信息。控制论cybernetics是系统科学中属技术科学层次的一门科学；信息论information theory也是一门技术科学。我国有人提出“三论”之称，后来又有人把耗散结构理论、协同学和法国Thom的突变理论称为什么“新三论”，简直是胡闹！请您注意：不可人云亦云，犯错误。

既然易的方法论还要发展，而其实近年来系统的基础理论、系统学的研究，已经明确必须以整体观为基础，把感性的认识（一般用形象思维方法得到）经过分析定量的研究（一般用抽象思维即逻辑思维方法），最后综合集成为理性的认识。我们把这一方法论称为“从定性到定量综合集成法”，认为这是处理像人体、社会、人脑等开放的复杂巨系统的正确方法。外国的什么非平衡态热力学、耗散结构理论只有整体，无法深入；协同学深入了，但只能用于巨系统的子系统种类较少（十几个），即用于开放的简单巨系统。您对我们这些新发展熟悉吗？所以不只是说说易的方法论要发展，我们已经具体做了。

当然，和您处于相似地位的国内也有，我认识的就有南京市江浦区（邮码211800）中医院门诊部的邹伟俊大夫，一位家传的中医。他近年来一直宣传医易同源，辨证论治要用易之数理，并举办了国内国际研讨会，成立了学术组织，办了刊

物，出版了一系列论著。您知道这位同道邹大夫吗？

我总是劝邹伟俊同志，易是中医方法论的基础，一定要学好用好，但决不能认为它就完善到了头，不需要发展了。我在1988年冬就听过北京联合大学中医药学院临床部主任李广钧大夫在一次报告会中讲：有丰富临床经验的中医，即名医，都有一套由长期治病的经验总结得出的对经典中医理论小而重要的修正。但这一宝贵财富往往只向传人弟子讲授。这不是名医都在对医易理论作修补？也实际是发展中医理论吗？

您书中79页上引我写的那段话，其意就是上面讲的。您恐怕是误解了！我意是：到最后，阴阳五行等字都可舍去。

另外，您认为形象思维应称为“形象整体思维”。对此，我要说明：1）我并没有用过您说的“形象直感思维”，我是说形象思维也可称为直感思维，它不用逻辑推理。为此我为了省几个字，写成形象（直感）思维。2）形象思维是从整体上对对象认知，所以不必再把“整体”二字加上。3）针对一个开放的复杂巨系统的认识，只用形象思维是不够的，还需要运用抽象（逻辑）思维，要综合集成，如2页所述。

最后，您对“数”似有神秘感。其实这都包涵在数的自身规律中，包涵在代数这门学科中。例如，在书的47页上讲到“幻方”，您似有此感觉。当然在过去，不论外国人还是中国人都有把数的关系看神了，并制造出一套从数的关系预见宇宙现象的法术。这就是荒谬的“数术学”。所以对“易之数理”要谨慎，不要走邪了路。古人如此，不过是没有今日系统科学时，无可奈何而已；在今天，我们不能用这个没有把握的方法！

以上说了很多，我是同您讨论，因为您称我为“钱老”，而其实我只是的确比您老40岁。至于人体科学这一领域，我是从1980年与尊大人通信后才开始学的；而您自幼家传，比我学得早，所以您在人体科学是我的长辈了。让我们一起探讨现代科学中一门重要学问：人体科学，最后建立一门不用阴阳五行的学问。

此致

敬礼！

钱学森

1993.8.2

注文：吕嘉戈同志的父亲是国家卫生部中医局原局长、党组成员吕炳奎同志。

Thom：Rene Thom，勒内·托姆（1923—），法国数学家，突变论的创始人。

选自《钱学森书信》第7卷，第293～296页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年8月8日致戴汝为同志：
远眺信息大洋，察觉大势，需要“大成智慧”

戴汝为同志：

近日来我还在想形象思维的事。由于让机器认知复杂的图像还非近日能解决的难题，我就想：能不能也人·机结合？叫计算机信息网络存贮图像及关于每一图像的知识，然后在人的操作下，搜检库存，人定舍取，机器帮助。一旦人认知了，找到了，问题也就解决了，背景知识也定下来了。这是否是形象思维的人·机结合系统法？我已告汪成为同志，请他考虑并构筑系统软件。您也请考虑一下，提些建议。

再一件事是将来在第五次产业革命中的人，如何才能做信息的主人而不要成为奴隶。如何使用信息？看来有三个层次：第一是剪报式的，即在信息库中找所要的东西。这现在已办到了。第二是“信息激活”式的，或说情报专家式的；对此我从前就举过几个例子。近日又见另外一个，也很有意思，现照录如下：在从前“日本人探听中国的大庆，没派一个特务，没收买一个中国人，主要是研究《人民日报》，研究中国的画报。日本有很多‘样本博士’，当他们看到画报封面王铁人同志的照片，身穿棉袄，下着鹅毛大雪时，就说这个大庆不近啊，起码在东三省靠边，否则不会下这么大的雪，但在哪儿不知道。《人民日报》曾经有一个报道说：‘王进喜同志进了马家窖，说了声好大的油田啊，我们要把中国石油落后的帽子扔到太平洋里去。’日本人说找到了，马家窖就是大庆的中心。而《人民中国》报道说中国工人阶级发扬了一不怕苦，二不怕死的精神，大庆设备不用马拉车推，完全是肩扛人抬。日本人说远不了，远了就扛不动，结果就找到离马家窖不远的车站。1966年王进喜同志光荣参加了全国人民代表大会，日本人说出油了，假如不出油王进喜当不了‘国会议员’。再根据照片钻台上手柄的架式他们可以算出你的油井的直径是多少，再根据直径和国务院的政府工作报告来套算，把全国石油量减去原来的石油量，减下来就是大庆的。”

这种激活情报的功夫在未来世界中非常重要，怎样培养这种功夫？是否有专门的课程？要研究。

最后，再上一个层次，那就是能站在高处，远眺信息大洋，能观察到洋流状况，察觉大势，作出预见。这就需要智慧了，需要“大成智慧”了。这种人才又该如何培养？设什么样的课程？这也要研究。

我想这些都是思维科学的问题，我们要思考呵，有责任呀！21世纪和第五次产业革命就要来了呀！

近日读了一篇夏军同志的讲非理性研究的文章，我给他写了封信，内容是我们一直在讨论的问题，故奉上此信复制件，请阅。

此致

敬礼!

钱学森

1993.8.8

选自《钱学森书信》第7卷，第311～313页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年8月13日致王寿云同志：
总体设计部是件大事，要有个堂堂正正的开始

王寿云同志：

8月9日上午我们与马宾老谈时，我就说到我近日一直在阅读薄一波著《若干重大决策与事件回顾》（上、下卷），但心里总有一个难以解答的题目：

“为什么掌握了马克思列宁主义毛泽东思想的我国老一代革命领导人，既身体力行地走群众路线、虚心向人民群众学习，又能实事求是地从宏观整体角度分析问题，而决策的结果又有得有失。得到成功的有：

1.抗美援朝战争；

2.两弹一星尖端技术。

失误的事情更多；薄老书中都讲了。为什么会如此?

现在我想，上述成功的两例都属矛盾斗争的两个方面情况容易看清看准，或说系统中大因素清楚，决策运筹比较清晰，能看准。而多次失误则都是直接涉及社会这一开放的复杂巨系统，用传统的分析方法，过于简单化了，等于猜测，没有准了。以至陈云同志用“摸着石头过河”来形容。

现在我们在方法论上有了突破，提出：

1.从定性到定量综合集成法；

2.从定性到定量综合集成研讨厅体系；

3.大成智慧工程及大成智慧学；

4.作为领导决策的咨询机构——总体设计部。

我们从前几年710所的初步试用成果可以说：以上这四点不是胡说，是现代科学技术的重要发展。

我以上这些话，对不对？请您和您们几位大将研究。如果还有可取之处，则能

否在经过充实完善之后向江总书记反映，作为总体设计部的开场白？

总体设计部是件大事，要有个堂堂正正的开始。

此致

敬礼！

钱学森

1993.8.13

选自《钱学森书信》第7卷，第319～320页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年8月20日致钱学敏教授：
灵境技术能使人感受到从前不能感受到的东西

钱学敏教授：

在这封信里，我要提一个问题，请您从哲学的高度加以研究：在第五次产业革命的信息大潮中，人脑的功能、人的思维将会有什么样的变化和发展？我们该作什么样的准备？

我们的大成智慧学就是要回答这个问题。

其实也不只是湧[①]来信息大潮，还有从前认为不可思议的事，灵境技术能使人感受到从前不能感受到的东西：大至宇宙，小只至分子原子，人都能审视感触！

附上一个刊物（内部）讲人远离现场也能如亲临其境一样工作：人在地上也能如在卫星飞船上一样操作卫星飞船上的设备仪器；人在北京工作室里也能如在南极洲一样观察勘探南极洲；……。这是在发展中的一项技术。请读刊物。

我对作者的译词有意见，不够汉语化。如应该用下列译名，除viltual reality为“灵境”外，

teleoperation，遥作telesensation，遥触

telescince，遥作学 teleperception，遥知

telepresence，遥在

中国人不能丢了中国文化嘛！

您读后有什么想法？请告。

此致

敬礼！

钱学森

1993.8.20

① 此“湧”字为笔误，应为“涌”字。——编者

又：《求是》杂志1993年16期31页章竟同志文似可一读。

选自《钱学森书信》第7卷，第326～327页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年8月31日致钱学敏教授：
从大成智慧学的角度来看，这十大部门是统一的

钱学敏教授：

我近读《文艺研究》1993年4期，觉得这期许多文章讲“美学”，转来转去，似乎不得其门！其实门就在眼前：即性智与量智的大门。所以将该刊附上一册，供您研究。说清了，能把大成智慧学一文写得更有声色。

我想：科学技术体系中从自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学、思维科学、军事科学、行为科学到地理科学这9大部门都由量智与性智建立起来的，但表现出来的则是量智。而文艺这一部门与众不同，虽然也是由性智与量智并用的，但表现出来的则是性智。这就是文艺和美学的特点，与众不同。当然从发展和深化了的马克思主义哲学来看，从大成智慧学的角度来看，这十大部门又是统一的。这就是大成智慧学的威力！

请代我向俞教授问安！

此致

敬礼！

钱学森

1993.8.31

选自《钱学森书信》第7卷，第338页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年9月3日致张育铭同志：
社会思维学的一个重点是集体思维的激活

张育铭[①]同志：

您在8月16日寄来的《晋阳学刊》1993年4月期已收到，使我得以拜读大作《关于建立社会思维学的几点认识》，我十分感谢！

我原来提出要搞社会思维学的一个主要原因是：怎样使一个集体在讨论问题中

① 张育铭（又名张玉明）（1957—　），男，山西和顺人；1983年毕业于山西大学哲学系，曾任《晋阳学刊》副编审，现为山西省社会科学院思维科学研究所副所长，兼山西省思维科学学会常务副理事长兼秘书长等；论文有十多篇。

能互相启发、互相激励，从而使集体远胜过一个个人、不接触别人的简单总和。我自己在学术生活中，对这一点是深有体会的；一个好的集体，人人畅所欲言，思维活跃，其创造力是伟大的。而如果是“老头子说了算”，其他人都处于压抑状态，这个集体就没有什么创造力。世界上有突出贡献的研究所都属前一类。而我们中国则多半以上的“研讨会”都属后一类，冷冷清清，死气沉沉！

所以社会思维学的一个重点应是集体思维的激活。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1993.9.3

选自《钱学森书信》第7卷，第344页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年9月7日致邹伟俊大夫：
综合集成法是处理开放复杂巨系统的唯一方法

邹伟俊[①]大夫：

8月18日您的来信已收到，您建议在社会科学和社会研究中也要用“自然系统方法论”，用“唯象方法论”，这很好。其实我们已经这样做了，而且实践证明，效果很好。

唯象方法即从整体认识问题，也就从实践去观察象，再从象上升到意。用现代语言，即由实践得到对事物的整体认识，或称定性认识，然后再结合定量分析综合成理性认识。在综合分析过程中还可以用电子计算机代劳作复杂的计算，这就是我们近年来一直在宣传的从定性到定量综合集成法，这是处理一切开放的复杂巨系统的唯一有效方法。人体、社会都是开放的复杂巨系统。

我是根据从定性到定量综合集成的思路向您宣传唯象中医学作为医学现代化的开端。从来信看，您也悟到此理了，可喜可庆！

由此我建议您研究一下我们的方法。我请涂元季同志给您开个文献目录。

此致

---

① 邹伟俊（1943— ），男，江苏无锡人，1966年毕业于南京大学中文系，弃文从医，跟祖父邹云翔教授（国内著名中医）学中医，任南京唯象中医学研究所所长，从事中医多学科研究，为传统中医另辟发展空间；著作有《当代中医新思潮》、《唯象中医学概论》、《大医学概论》等多部，百万余言；1991年荣获南京市七五期间优秀科技人员称号。

敬礼!

钱学森

1993.9.7

选自《钱学森书信》第7卷，第354页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年9月11日致钱学敏教授：
提倡从定性到定量综合集成法，提倡大成智慧学

钱学敏教授：

9月9日信及关于“美芝灵国际易学研究院”的材料和中华养生文化庄园的材料都收到。蒋英也很高兴！

现在迷在“易”中人不少，毛病是死读书，死读洋人的哲学到死读马列经典著作，现在又死读《易》！《易》当然是整体观思维，但后来人觉得太活了，太辩证了，于是抓住八卦、阴阳五行，又弄死了！我看辩证的整体观思维在于运用形象（直感）思维。3世纪三国时的魏的王弼就说，“言、象、意”，认识是由言到象，再由象到意。但我意这“言、象、意”还只是毛泽东说的感性认识，还不是他说的理性认识。我们因此提倡从定性到定量综合集成法，提倡大成智慧学。

附上两个刊物《学习、研究、参考》1993年9期及孙凯飞同志寄来的《系统辩证学学报》1993年3期。

此致

敬礼!

钱学森

1993.9.11

选自《钱学森书信》第7卷，第356页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年9月16日致王寿云等同志：
把“举重若轻”和“举轻若重”结合统一起来

王寿云、于景元、戴汝为、汪成为、钱学敏、涂元季诸同志：

以前我说到读薄老书的感受，我们必须在总结前人经验的基础上前进。现奉上复制件两篇，是说从定性到定量的问题的。请参阅。

用周恩来同志的话，我想帅才就要“举重若轻”，而落实工作又要“举轻若重”。我们的从定性到定量综合集成法或称大成智慧工程，就要把众人的“举重若

轻”和“举轻若重”结合统一起来；在定方针时居高远望，统览全局，抓住关键；在制定行动计划时又注意到一切因素，重视细节。这可能是马克思主义哲学了，是大成智慧学了。对不对？请指教。

此致

敬礼

钱学森

1993.9.16

选自《钱学森书信》第7卷，第360页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年10月3日致戴汝为同志：
要在系统中用我们的从定性到定量的综合集成法

戴汝为同志：

这几天读到《中国科学报》1993年7月27日二版上李衍达同志的文章，题目是《智能控制》。文章也说到8月会议，即何毓琦教授来京参加的那个会。文章使我想到：

如果真要解决复杂巨系统在开放环境中的有效控制，李文说的“智能控制”可能还不够，要在系统中用我们的从定性到定量的综合集成法。其实我们的HwsMsE就是一个“智能控制”体系，只是十分庞大而已。对小一点的复杂系统能不能设计出有信息内储的“智能控制”全自动化体系？在理论上把“智能控制”提高一步？并为今后发展打下坚实的基础？请考虑。如有不当，请指教。

李衍达同志是清华大学的教授吗？

此致

敬礼！

钱学森

1993.10.3

选自《钱学森书信》第7卷，第382页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年10月7日致钱学敏教授：
大成智慧硕士可以进入任何一项工作

钱学敏教授：

我在这几天又在想中国21世纪的教育，我1989年的那篇东西不够了；是要人人

大学毕业，成硕士，18岁的硕士，但什么样的硕士？现在我想是大成智慧的硕士。具体讲：1）熟悉科学技术的体系，熟悉马克思主义哲学；2）理、工、文、艺结合，有智慧；3）熟悉信息网络，善于用电子计算机处理知识。

这样的人是全才。我们从西方文艺复兴时期的全才伟人，走到19世纪中叶的理、工、文、艺分家的专家教育；再走到20世纪40年代的理工结合加文、艺的教育体制；再走到今天的理工文（理、工加社科）结合的萌芽。到21世纪我们又回到像西方文艺复兴时期的全才了；但有一个不同：21世纪的全才并不否定专家，只是他，这位全才，大约只需一个星期的学习和锻炼就可以从一个专业转入另一个不同的专业。这是全与专的辩证统一。

大致可以作为下面这几段教育：

1）8年一贯制的初级教育，4岁到12岁，是打基础。

2）接着的5年（高中加大学），12岁到17岁，是完成大成智慧的学习。

3）后一年“实习”，学成一个行业的专家，写出毕业论文。

这样的大成智慧硕士，可以进入任何一项工作，如不在行，弄一个星期就可以成为行家。以后如工作需要，改行也毫无困难。当然，他也可以再深造为博士，那主要是搞科学技术研究，开拓知识领域。

这个大胆设想，您看如何？新一次的“文艺复兴”呵！

此致

敬礼！

钱学森

1993.10.7

又：也要考虑用医学去提高人的智力，如第四医学。

选自《钱学森书信》第7卷，第386～387页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年10月7日致钱学敏教授：

大成智慧工程、综合集成研讨厅是“命根子”

钱学敏教授：

10月4日来信，尊作《科技革命与社会革命》1万4千字大文和您老同学董新民同志信都收到。

我想我现在就是脑子还管用，我是为我的脑子活着。对21世纪的教育我又有些想法，另纸写了信向您请教。我们是民主讨论，您有什么意见，务必直说！

这篇稿子写得非常好！通顺畅达，充分表达了我们这个小集体近年来的想法。

我本来就想用铅笔在尊稿上改几个字，后来又想这样还不够认真，所以又写这封信。想说以下这几点：

（一）第一章当今世界发展的主流。这里要不要提出世界社会形态？我想这是发展的一种模式，从分到合，合中又有矛盾斗争。人类历史已出现过多次；从部落到邦国，又从邦国诸侯到统一的国家。而现在全世界有近200个独立国家和地区，但现在已有184个独立国家参加了联合国组织。谁也不能完全孤立在这个世界上。人类总要走向世界大同！

（二）第三章关于产业革命和产业。我们现在讲产业是指在市场经济中的产业，要用经济效益来衡量其运行结果的。社会活动中还有另一方面，即事业。事业是国家在宏观上调控市场经济的各种工作，它包括党、政、军、教育、文化管理、群众团体等。事业不是产业，所以不能搞"翻牌公司"。

（三）第四章政治革命和文化革命。这里只讲到大成智慧学。

（四）把大成智慧工程及从定性到定量综合集成研讨厅体系及社会主义建设总体设计部只写一章、第五章作全文的结尾，以显示其重要性，这是我们这个集体的"命根子"。我们活着就是为了中国的社会主义建设，而中国的社会主义建设目前最最重大的事就是社会主义建设总体设计部。

这样一写，也许全文将增加到2万字。请考虑。文章发表当然您署名，我作个背后支持者吧。

文稿及董新民同志信一并送上。

此致

敬礼！

钱学森

1993.10.7

1）杭州的会我是去不了的。

2）《党校论坛》也奉还。此刊我已有。

选自《钱学森书信》第7卷，第384～385页，国防工业出版社2007年5月第1版。

1993年10月19日致钱学敏教授：

人的思维不只是逻辑，而是感受与逻辑推理的结合

钱学敏教授：

我近读北京大学哲学系朱德生的《对辩证法的几点反思》，感到一点想法，故奉上其复制件，请阅。

这一想法是：

人的思维不只是逻辑，而是感受与逻辑推理的结合，缺一不可。

例如：我们只是根据感受认为客观世界有其规律，而且不以人们的意志为转移。能证明吗？那只有实践，无穷无尽的实践。

我们的从定性到定量综合集成法，我们的大成智慧学，我们的研讨厅体系，皆基于此认识。这也就是辩证法。把“举重若轻”同“举轻若重”结合起来也是辩证法。

我们使用的是唯物主义的辩证法。

您以为如何？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1993.10.19

又：今日可以出医院回家了。

选自《钱学森书信》第7卷，第405页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年12月12日致戴汝为同志：
综合集成法的使用对象决不是简单系统

戴汝为同志：

今天翻看了何毓琦教授寄来的材料，我想他们没能理解metasynthesis，其原因可能在于他们没有开放的复杂巨系统的概念。头脑中没有开放的复杂巨系统，当然也不会懂专为解决开放的复杂巨系统问题而构筑的metasynthesis。

当然metasynthesis也可以说不新鲜；过去有许多有成就的工作组织就不自觉地使用过。我们只不过把它总结了，系统化了，规范化了，理论化了。

何教授一旦承担开放的复杂巨系统的研究任务，他就会领悟的。我们不也是逼出来的吗？

他们提出质疑也是好事，使我们在今后讲解时，强调从定性到定量综合集成法的使用对象是什么，决不是简单系统。

此致

敬礼！再向您及您的班子

拜个早年，恭祝新年好！

钱学森

1993.12.12

选自《钱学森书信》第7卷，第486页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1993年12月22日致汪成为同志：
微观与宏观相结合，大成智慧工程

汪成为同志：

附上的材料您是有的，但免得您花时间去找。

我想说的是：

看《与神经网络一道工作》文，使人想，这方面的工作去形象识别和形象思维还远得很，能解决的只是非常简单的问题。如：①字母符号的识别；②空中俯视雷达地图与目标的对比等。

由于人脑是一个开放的复杂巨系统，“神经网络”这种只用微观考察分析的思路是不够的。还是要同时用形象（直感）思维学的方法从宏观考察分析问题。微观与宏观相结合，大成智慧工程！

以上当否？请教。

此致

敬礼！再恭贺

新年！祝您和祁颂平同志

阖家幸福！

钱学森

1993.12.22

选自《钱学森书信》第7卷，第502页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年

1994年1月13日致钱学敏教授：
大成智慧学教我们泛揽全局、洞察关系、触类旁通完成创新

钱学敏教授：

您大年初一的信收读了。

您要写的是《大成智慧学》，不是什么《钱学森传》，所以重在指出创新求索的道路，而不是我的具体创新事例。从事物整体关系的“形象”上抓事物的机理，这是科学研究中创新的老道理，英文称heuristic reasoning；以别于逻辑推理。至于灵感，英文称Inspiration：书中实例更多了。您一定也早就接触过。

我们现在是说：这些实质上都是触类旁通，跨度越大，创新程度也越大。而这里的障碍是人们习惯中的部门分割、分隔，打不通。而大成智慧学却教我们总揽全局，洞察关系，所以促使我们突破障碍，从而做到大跨度的触类旁通，完成创新。

另外，我觉悟到社会科学重要，要学，有一个基础观点：马克思主义哲学是真理。而这我早就认识到，在我归回祖国不久就知道了。原因是：我多年在国外工作中实际体验的一些道理完全可以纳入马克思主义哲学体系中，说明马克思主义哲学的伟大。这话也不是新闻了，我已讲过多次，您一定也早已见到了。由于这样一点认识，我在“文化大革命”后，知道毛病不在于马克思主义哲学指导下的社会科学，而在于我们背离了社会科学道理；所以要学社会科学。您在信中说的社会科学同志恐怕没有上述我个人的生活体验，因而想法不同。

说了这些是想促使您攻大成智慧学，我希望您在1994年完成此宏文。

附上致吴远信复制件，供参阅，也与上述有关。

此致

敬礼！

钱学森

1994.1.13

选自《钱学森书信》第8卷，第030～031页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年2月7日致戴汝为同志：
智能、智慧不等于脑科学，它是思维的综合

戴汝为同志：

我们还是这样用习惯的称呼吧，而现在我们都是中国科学院的院士了。不久还有中国工程院的院士，就缺中国社会科学院的院士了。

2月5日信及三篇文稿都收到。我很欣赏您提出四大科学课题；而这第四个课题，人的智能，是很有启发意义的。我以前讲大成智慧学和大成智慧工程时，未能象您这样明确清新！

什么是智能科学？什么是大成智慧学？正好我今天给钱学敏同志写了封信讲我对大成智慧学的体会，现附上其复制件请阅。看来，智能、智慧不等于脑科学，

它是人思维的综合，所以也不等于抽象（逻辑）思维学、不等于形象（直感）思维学、不等于灵感（顿悟）思维学，而是思维的综合。这就如天文学里有恒星学、行星学、星系学、……，但也有综合起来的宇宙学。

以上请酌。即此恭贺

春节！祝您

阖家快乐！

钱学森

1994.2.7

选自《钱学森书信》第8卷，第057页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年2月7日致钱学敏教授：
真正做到触类旁通是在懂得了科学技术以及知识体系之后

钱学敏教授：

您是要写那篇大成智慧学的宏文，我现在为此提供点素材，供您采用。

第一，讲讲我个人学习的过程。在20年代，我在北京师范大学附属中学上学，高中在理科，称二部（一部为文科）。当时学的是理、工结合的。一般数理化课之外，还有伦理学，也学过非欧几里得几何学，也学过工业化学。

30年代初入上海交通大学学机械工程（铁道门），基本上是工程课。但教电机工程的钟兆琳教授和教热力学的陈石英教授都非常重视理论根底。

30年代中期到美国MIT及CIT学习；MIT重在工；而CIT则强调理、工结合。我在CIT选修了不少理科课程，如微分几何、复变函数论、量子力学、广义相对论、统计力学等。博士论文也是用数理理论解决工程技术问题。后来十几年在MIT及CIT教学做研究，从薄壳理论、气动力学、火箭技术到工程控制论、物理力学等，也都是理、工结合，用“理”去解决“工”中出现的新问题。

50年代中叶回归祖国，也是搞理、工结合的国防尖端技术，共20多年。

“文化大革命”使我觉悟。感到只是理与工是不够的，不懂得社会科学不行，所以开始下功夫学社会科学，也涉及哲学。当然这时早已懂得只有马克思列宁主义毛泽东思想才是真理。

终于在80年代中叶，认识到：要建立以马克思主义哲学为最高概括的科学技术体系。

第二，讲讲我个人在研究问题中的创新过程。在30年代中期到40年代初，当我

碰到疑难问题时，苦思不得其解，总是形象（直感）思维，甚至是灵感（顿悟）思维解决问题。这是说我头脑中框框太多，不能从理论上触类旁通，得靠形象，甚至靠梦境。这种困境，后来逐渐缓解，不用做梦了，推敲一阵子就能看出问题所在。

但真正做到触类旁通是在懂得了科学技术以及知识体系之后。

第三，因此马克思主义哲学居于科学技术以及知识体系之首，才是触类旁通的钥匙。创造力来源于马克思主义哲学，而用这个观点看科学技术以及知识体系，就是大成智慧学。

毛泽东同志在50年代后期就指出质子、中子、电子等所谓基本粒子也是可分的，没有到头。邓小平同志在80年代提出科学技术是第一生产力。皆大成智慧学也。

第四、认知过程是无穷的，知识是无穷的。过程、历史、发展、前进，永无止境。我们现在知道的只是一小块，我们不知道的才是大海！

第五，既然马克思主义哲学是智慧的泉源；在一切阶级社会中，由于阶级斗争的影响，教育也有阶级性，所以不可能用大成智慧学来办教育。这是阶级社会的局限性！同时，这又是我们社会主义中国的优越性，我们可以自豪！

看：进士、壮元的臭文章！

我在20年代之所以受到第一流教育是因为老师们都不同程度地恨国民党！

第六，我用了70年的学习才悟到以上道理，太长了！能不能用不到20年就学到？可以的。用人-机结合，用信息技术，用信息网络。第五次产业革命呵！

以上六条，供您参考。不当之处，请指教。

蒋英和我也就此向

长彬教授和您拜年！向

伯母大人恭贺春节！祝您

阖第快乐！

钱学森

1994年2月7日

选自北京大学现代科学与哲学研究中心编：《钱学森与现代科学技术》，第450～452页，人民出版社，2001年12月第1版。

1994年2月13日致于景元同志：
微观处理、宏观调控应纳入大成智慧工程的理论

于景元同志：

附上周生炳、戴汝为文《标记逻辑程序理论研究：说明语义》，请阅。

戴汝为同志附信说，这方面的工作的目的是使在综合集成过程中的矛盾能得到处理。这当然是很好的，因为各方面意见中难免有相矛盾之处。

但我也想这样处理还是“微观”层次的，恐怕还不够。毛泽东同志在1957年就说过：“我就是这么一个人，要办什么事，要决定什么大计，就非问工农群众不可。跟他们谈一谈，跟他们商量，跟接近他们的干部商量，看能行不能行……中共中央好比是个加工厂，它拿这些原料加以制造，而且要制作得好，制作不好就犯错误。”我想“要制作得好”就是在“微观”层次的处理之上，还得有马克思主义哲学和社会科学大道理的“宏观调控”。我们从前犯错误就在于未“宏观调控”好。

这个思想是否应纳入大成智慧工程的理论？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1994.2.13

选自《钱学森书信》第8卷，第067页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年2月28日致张育铭同志：
民主集中制是社会思维学、群体思维学的规律

张育铭同志：

您在2月11日寄来有您的文章和讨论社会思维学的两期《晋阳学刊》都收到，我很高兴地看到诸位在研究这样一门关系到我国社会主义建设的学问。

我是比较赞同张铁声同志的看法的，因为我把思维科学作为一门独立于社会科学和行为科学（科学技术体系一共有10大部门：自然科学、社会科学、数学科学、思维科学、行为科学、系统科学、地理科学、人体科学、军事科学和文艺理论）的科学，是专门研究人的思维现象的。所以研究社会对人思维的作用属社会科学；研究人思维对社会的作用则属行为科学；研究人体状况对思维的作用及反作用则属人体科学。也许称社会思维学为群体思维学更好些；这是因为它也不一定和社会整体发展状态直接相联系，如在我国南宋时代的“鹅湖之会”[2]就是广泛自由学术讨论的典型。

社会思维学、群体思维学的研究对我国建设来说是很重要的；我深感我国面对面的讨论，常常是主持人一家言，没有互相激励、互相促进，叫“老师说了算”或“首长说了算”！当然，面对面讨论也不能胡说八道、无边无际，要集中到一个主题；这就是“集中指导下的民主”。所以民主集中制是社会思维学、群体思维学的规律。

以上是我的看法，您以为如何？读了您寄来的两期《晋阳学刊》，使我了解到不少情况，因此我要向您表示感谢！

此致

敬礼！

钱学森

2月28日

注文：①钱学森后来将现代科学技术体系扩展到11个大部门，新加上的是建筑科学，其通向马克思主义哲学的桥梁是建筑哲学。

②“鹅湖之会”是南宋淳熙二年（1175），由吕祖谦邀请朱熹与陆九渊兄弟参加的一次有名的学术讨论会，其主要内容和中心论题是如何认识事物及如何治学，因讨论会地点在江西信州（今上饶）铅山鹅湖寺而得名。

③此信没有写年代，据推断应为1994年。

选自《钱学森书信》第8卷，第089～090页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年3月1日致李德华教授：
大成智慧学和大成智慧工程是把人的智能提高一步

李德华教授：

我非常感谢您的2月21日来信！我也要请您代我向尊大人问安！他赐的墨宝仍挂在我书桌旁。

您来信太谦虚了。其实您在图象识别与思维学的成就早已闻名世界了，而我还在务虚：在思索第五次产业革命。奉上戴汝为等6位写的文章，可见我们的思想，供您参阅并请指教。

我想我们和您的工作要协调配合，您搞实一点的人机结合，而我们在北京的几个人搞虚一点的，即所谓大成智慧学和大成智慧工程。总的目标是为了把人的智能——认识客观世界改造客观世界的本事提高一步。

您以为如何？

再附上穆青同志文的复制件，供您阅读。我们共同一起向特等劳模任羊成学习！

此致

敬礼！

钱学森

1994.3.1

注文：所附“戴汝为等6位写的文章”是戴汝为、于景元、钱学敏、汪成为、

涂元季、王寿云同志联合署名的《我们正面临第五次产业革命》，刊载于《光明日报》1994年2月23日第3版。

选自《钱学森书信》第8卷，第092页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年3月8日致吴远教授：
整体论与还原论结合为从定性到定量综合集成法

吴远[①]教授：

您2月23日来信收悉。

您信中说的“本体”我理解即我们今天习惯称之为的客观世界的整体。要知道客观世界，必须通过认识主体的人与客观世界的交往，即实践。这一点您也同意。但请注意：

（一）实践过程是永无止境的，不能在哪一天完毕。

（二）认识整体只用还原论方法是不行的，要把整体论与还原论结合起来。这在今天的系统科学中称之为从定性到定量综合集成法。

所以中国古人的“直觉”是唯心主义的，脱离实际的空想。只是其中的整体思想对我们有参考价值。

附上钱学敏教授文供参阅。

此致

敬礼！

钱学森

1994.3.8

选自《钱学森书信》第8卷，第097页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年3月14日致戴汝为等二同志：
人的意识用知识体系提高到“大成智慧”

戴汝为同志、钱学敏同志：

我近读“New Scientist”1994年1月29日期28—31页讲人的意识的文章，很有启发，故奉上其复制件，请阅。

① 吴远（1950—　），女，江苏仪征人，1976年毕业于中山大学哲学系，曾任南京理工大学人文学院院长，现任河海大学教授，博士生导师、副校长，兼南京市哲学学会副会长等职；从事哲学、心理学的教学与科研，发表论文30余篇，撰写著作、教材10余部。

此文讲国外心理学家又发掘出30年代被埋没的苏联心理学家Lev Vygotsky的学说，说语言在人意识中的中心作用。我想：意识活动是基于本人及其他人实践活动的，重要的是，不仅仅是本人，还有其他人。这就要交流，交流就要语言。我们几个人在这一阵子提出的大成智慧学是这一思想的进一步发展，把意识提高到思维，包括抽象（逻辑）思维和形象（直感）思维，以及灵感（顿悟）思维，特别是后二者“非理性”思维；我们说人的意识要用语言和符号表达联结起来的知识体系（包括信息网络）来提高，达到“大成智慧”。这是人的第二次飞跃。（文章中讲的linguistic fault lune是第一次飞跃）。

我们的任务就是实现这第二次飞跃！

以上当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1994.3.14

选自《钱学森书信》第8卷，第101页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年3月24日致钱学敏教授：
“大成智慧学”是建筑在现代科学技术的基础上的

钱学敏教授：

昨天写的信未回答您提出的问题：“大成智慧学”与“整体观”能否联系在一起？昨天我只在您稿子上加了“集大成，得智慧”。今天再多写几句：

“集大成”首先要“集”，这是“整体观”，但要注意，也必须有“集”的对象。这是说单有“整体观”不够，还得有大量零星的素材，即局部细致的研究结果。我们讲从定性到定量综合集成也必须有大量点滴“专家意见”才行。我国古代只有整体观，没有多少素材，所以对客观世界只剩下猜测了，不成为科学。我们的“大成智慧学”是建筑在现代科学技术的基础上的。

还有另一个问题。在1989年《哲学研究》10期的我那篇文字，不只说了宇观、宏观、微观之外的涨观和渺观，也说了决定性与非决定性的辨证统一。这是针对当代热门话题混沌的。它是一个重要论点。您稿似未论及。

此致

敬礼！

钱学森

1994.3.24

注文：《哲学研究》1989年10期刊载钱学森文《基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导》。

选自《钱学森书信》第8卷，第109页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年3月31日致戴汝为同志：《人-机结合的大成智慧》是很重要、方向性的

戴汝为同志：

3月29日信及文稿《人-机结合的大成智慧》都收读。

我想您这篇文章是很重要的，是方向性的。所以用词要能讲清问题，因而我在稿子上加了几个字。请酌。

主要是三个时代的划分。

原稿奉还。

此致

敬礼！

钱学森

1994年3月31日

选自戴汝为著：《社会智能科学》，第227页，上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

1994年4月10日致戴汝为同志：第三个时代——大成智慧工程及大成智慧学

戴汝为同志：

我近日收到《模式识别与人工智能》1994年1期。其中有介绍您为主任的“汕头大学人工智能与模式识别开放实验室”，也有说明“模式识别国家重点实验室、智能机器人视觉开放研究实验室的基金申请办法”。由此我想到一个问题：

这一类研究是我们说的第二个时代的研究课题，而我们现在要开拓的是第三个时代——人机结合的大成智慧工程及大成智慧学。第二个时代的研究当然有用，但目前我们要宣传第三个时代人机结合的研究。换句话说我们要扩大视野，用人机结合来包括机器的模式识别和人工智能。

您将在中国科学院学部大会与香山会议上的讲话要不要指出这一思想？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1994.4.10

选自《钱学森书信》第8卷，第122页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年4月10日致王寿云等六同志：
大成智慧工程和综合集成研讨厅是革命性的

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

从风云二号在发射前测试中的事故消息使我想到：大成智慧工程及从定性到定量综合集成研讨厅体系是要求作为参与者的每个人，除了遵循国际上Seminar的精神，无保留地放开思想、与众交流、知错就公开宣布改正以外，还要更提高一步，按周恩来同志、聂荣臻同志领导“两弹一星”工作时，向参与人员提出的要求：

高度的革命觉悟（即一切为了集体事业，不惜牺牲自己）。

高度的组织纪律性（即服从集体的决定，决不固执己见）。

高度的科学性（即一切按已知的客观规律办）。

这是周恩来同志、聂荣臻同志把打大规模解放战争的一套成功经验移植到“尖端技术”工作中来了。而这一套实际也是千百万革命者在中国革命战争中流血牺牲的经验总结。所以我们的大成智慧工程和综合集成研讨厅体系是有革命性的，资本主义国家是想学也学不了的！我们真正贯彻民主集中。

此致

敬礼！

钱学森

1994.4.10

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，第292～293页，浙江科学技术出版社，1996年12月第1版。

1994年5月3日致王寿云等六同志：
高新技术的设计开发也是大成智慧工程

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

我近读《863航天技术通讯》1994年3期1～12页袁生学文《国外空天飞机研究现状》，受到启示。我们的大成智慧学中的从定性到定量综合集成法还可以扩展到

高新技术领域。现附上袁文复制件，请参阅并考虑以下问题。

高新技术的设计开发工作也是人—机结合的大成智慧工程。因为：

（一）把整个设计开发工作分解为几个局部问题，每一局部问题，如在马赫数8以上的超声速燃烧冲压发动机，如气动力问题，如结构问题，如结构防热问题等等。

（二）再把某一局部问题分解为不同时刻的瞬时过程，如超声速燃烧的瞬时实验模拟，用1/100—1/10秒，用两种研究方法：计算机模拟及实验模拟，以验证计算，考核理论。

（三）所有局部问题都经过实验证实得到可靠的理论计算方法了，就可以综合了。

（四）综合主要用计算机。计算机模拟全机全飞行过程，满意了，再进入全工程的真实实物试运转。这最后一段工作是耗资巨大的，力求一次成功。

袁文中对空天飞机的所谓CFD方法与EFD方法及其结合即此。我们在导弹技术中也早就用过计算机模拟，很成功。我上述高新技术的设计开发工作的方法论只是个必然发展，但这也是人—机结合的大成智慧学与大成智慧工程的应用。大成智慧学与大成智慧工程有了新内容了。

以上请酌，不当之处请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1994.5.3

注文：CFD：Computational Fluid Dynamics，译为“计算流体动力学”。

EFD：Engineering Flouid Dynamics，译为“工程流体动力学”。

选自《钱学森书信》第8卷，第138～139页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年5月10日致钱学敏教授：
要到他们的孙子孙女儿才有大成智慧学校

钱学敏教授：

您5月8日长信及肖、顾赠书3册都收到。读来信后，我的心情不是兴奋，而是悠悠历史感！我们在做一件50年后方见分晓的事，不必性急！

何以有此想？请看：

（一）5月4～5日的《现代科学技术体系研讨会》的参加者除了我们的小班子中外，有科学技术工作者吗？不都是社会科学、哲学家们吗？

（二）青年们对《光明日报》5月5日报道感兴趣，说要上大成智慧学的学校。这些青年只是热情而已，他们应该认识到，不但他们自己找不到这样的学校，他们的儿女上学时也找不到，可能要到他们的孙子孙女儿才有大成智慧学校！

（三）中国科协学会工作部部长马阳同志派冷树熙同志抄的那2千多字，我想是要出一期学会工作部负责的《中国科技工作者建议简报》。那是上送中央的，我也会收到。这类《简报》有成百上千种，中央领导是没时间看的。历史档案而已。

（四）深圳黄锦奎的文章我早就读过，他提出要另立一门价值科学。他的价值科学实是在国内国际市场经济条件下，在竞争中求得“价值”的科学。对此我早就认为其核心是经营战略、战术，是军事科学的扩展；所以我在去年8月就向军事科学院糜振玉副院长提出，他们要扩展到这一领域，把毛泽东军事思想应用到市场竞争。

（五）性急是脱离实际。我们的总体设计部思想不就长时间不见实施吗？我们的这一套是现代中国第三次社会革命呵。50年见吧。

（六）马克思主义不也等待了几十年吗？

当然，我们要努力！时不我待！

即此。请问长彬教授好！也向伯母大人

请安！此致

敬礼！

钱学森

1994.5.10

注文：信中提到的”小班子”系指王寿云、于景元、戴汝为、汪成为、钱学敏、涂元季等六人，在钱学森指导下进行学术研究的一个小集体。

选自《钱学森书信》第8卷，第146～147页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年5月17日致钱学敏教授：
“大成智慧教育”，现代科学技术体系为必修课

钱学敏教授：

上次我去信讲了我对现代科学技术体系研讨会的感触，现在我再写几句解释。

从我个人思想发展过程来说，我在大约十年前，因为看到新学科群起，老的自然科学、社会科学、哲学三大件是不够用了，所以从系统思想的概念提出现代科学技术体系的想法。后来又逐步完善，终于形成现在十大部门的结构。但这时我还没有大成智慧学和大成智慧工程以及“大成智慧教育”的想法。“大成智慧”是受启

发于您的。

学术思想的发展往往不同于社会实践的发展。社会实践是讲功利作用的。从这次大学生的反映[①]看，不就清楚了？他们首先感兴趣的，不是现代科学技术体系，而是“大成智慧教育”。

因此我们可以说，到30—50年后，我国社会主义建设进入现代中国的第三次社会革命时，真正要实现“大成智慧教育”，实现“人·机结合”工作体制时，现代科学技术体系才成为一门必修课。所以只有到那时现代科学技术体系这门学问才会成熟，因为有实践要求了嘛。

思想领先。但思想要成熟还得靠实践的推动。

我们是在做未来的事。所以我有“悠悠历史感”！

以上思想不是[②]当否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1994.5.17

选自《钱学森书信》第8卷，第156～157页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年5月20日致王寿云等六同志：
中心是大成智慧和大成智慧教育

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

这里我谈两个问题。

一个问题是你们几位都去参加的现代科学技术体系研讨会里讨论的，将是长期有争议的，因为人们思想没有一个中心。什么中心？中心是大成智慧和大成智慧教育，也就第五次产业革命所暴[③]发的人·机结合的劳动体系。因为没有人·机结合的思想、人·机结合的劳动体系所需的人的智慧之认识，就不会懂得现代科学技术体系的目的。无的放失是乱发议论。请看我这样说对不对？

又一个问题是人吃什么、怎么搞吃的革命，这也是现代中国第三次社会革命的内容。对这个问题，我要多说几句：

（一）我们现在的农业和人们的饮食可以说是几千年一贯的模式，科学技术只

① 此“映”字为笔误，应为“应”字。——编者

② 此“是”字恐为笔误，应为“知”字。——编者注

③ 此“暴”字为笔误，应为“爆”字。——编者

是在生产过程中加以不断的改进，提高生产效力，做到“两高、一优”。但没有从根本上用科学技术加以改造。

（二）我在前几年宣传的第六次产业革命也只是这个老思想的引伸，提出农、林、草、海、沙五个知识密集型农产业，搞农、工、贸结合，把乡村变成小城镇，消除农工差别、城乡差别。但还是几千年一贯的人们饮食模式。

（三）我们现在应该看到人体科学在21世纪将会有长足进步，会搞清楚人在不同年龄、不同性别、不同生活条件下的营养需要（如附上赵霖、鲍善芬、裘凌沧的文章）。另外对利用阳光、水和空气来生产营养成分的生物也有了充分认识（如附上剪报罗明典文）。这样对食物原料的生产就扩大了视野，不是传统的那一套了。特别对菌物（生物界中除植物、动物之外的第三大类）的开发利用。第六次产业革命还会更进一步深入发展。

（四）然后用这些饮食原料，运用营养学，设计出各种人所需要的花式多样的饮料及食品。

（五）开发食品原料工业。

（六）饮料及食品的生产都用工业生产方式；最后一道工序在快餐业。（见附上讲何玉铭的剪报）

（七）千百年来的家庭厨房操作基本消灭了，人们进一步解放了。

（八）整个体系中还有许多副产品，如沼气。

以上八条不是第六次产业革命在现代中国第三次社会革命中进一步发展吗？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1994.5.20

又送上Scientific American今年5月期的一篇文章是有关第五次产业革命的。

选自《钱学森书信》第8卷，第160～162页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年6月15日致蒋谦同志：
您的“大思维”是全球规模的大成智慧思维

蒋谦同志：

您5月28日那封热情洋溢的信和尊著两篇都收到，我对此十分感谢！不过，您在信中对我是过奖了，我不敢当！想您今年大概是36岁，在这个年纪的中青年，一

般毛笔字是写不了的，而您用毛笔宣纸信笺写信，字又很流畅，这是难得的了！

您在去年《自然辩证法》发表的那篇文章我去年就注意到了，但未读下去，因为我认为东西方思维之差异是生产力发展水平不同所引起的，不是注定的。而且今日西方的文学艺术工作者的思维方式也是“东方式”的。总之，尊著是错误的。

您那篇文稿《大思维论纲》，立意我是赞成的。但大到什么边？我想从人类发展进步的历史看，如果人与人之间不能交流实践经验，那人的意识活动将受限于原始人类祖先那样，与动物相差无几。正如俄国心理学家Lev Vygotsky讲的，是人际交流的语言帮了大忙，使人的实践经验不再局限于个人。实践经验通过人际交流而大大扩展，再加文字的出现，把上代人、古人的实践和认识记载下来传给后人，这是思维的阶段性飞跃。我从前提出社会思维，即此。

当然，我们正面临又一次产业革命，由信息技术革命所引起的第五次产业革命，这次革命将通过全球信息网络把全世界的人，不论东方、西方，不论大国小国，最终都联结起来，就如同面对面相谈。不但如此，一切从古代开始直到今日的一切知识信息也都在网络库中随时可以调取。这是通过信息网络、通过电子计算机，搞人·机结合的大社会思维。这也就是我说的人·机结合的大成智慧思维。

还有没有更高层次的思维？我找不到！没有您说的什么宇宙层次的大思维！

所以如果您的“大思维”是世界范围的全球规模的人·机结合的大成智慧思维，我赞成！不能是别的什么！

不能离开马克思主义哲学！只能集古今中外之大成，得智慧！

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1994.6.15

选自《钱学森书信》第8卷，第214～216页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年6月24日致陈立教授：

综合集成法是把人脑与电子计算机结合的思维方法

陈立教授：

您让全国政协秘书处送来的尊作《应用心理学与基础理论》已收读，我对此要感谢您！我们的确长期未通信了，您身体安康吧？还北上到京！而我因已行动不

便，所以不参加会议了，只在家读书看报思考研究问题。您比我强多了！

尊作引我的那篇文字，见于1957年，是旧货。在1984年8月我们在北京开了一次全国思维科学讨论会，后来我还受命编了一部文集，《关于思维科学》（新学科丛书，上海人民出版社，1986年7月1版）。从此我们还不断开拓研究思维科学，作为平行于自然科学、社会科学、数学科学、军事科学、人体科学、系统科学、行为科学、地理科学和文艺理论等九大部门的现代科学技术部门之一。思维科学的基础科学是思维学，它当然与脑科学、心理学等人体科学基础科学有密切关系，但思维学又不必等待脑科学和心理学，它可以从人类思维的极为丰富实践经验中总结出来。如抽象（逻辑）思维就早就是一门内容充实的学问。我们近年来还从所谓“人工智能”工作中试图构筑形象（直感）思维学；浙江大学的潘云鹤教授就在努力。我们认为形象（直感）思维是近期思维学工作的突破口。这方面一旦成功，那灵感（顿悟）思维，也就是您说的“玄机”也就变得不那么“玄”了。

近年来我们还就开放的复杂巨系统的方法论做了些探讨（《自然杂志》1990年1期3～10页；《模式识别与人工智能》1991年1期1～4页），提出从定性到定量的综合集成法，这是把人脑与电子计算机结合使用的思维方法。前几天（6月20至23日）中国科学院还召开了一次“香山会议”专门讨论这个方法论。

今年离您引用的那篇文字已37年了，我们还在不断努力！以上是向您的简要汇报，请指教！

我从您那里学到的那个词，Ergonomics，现在也已由国家审定为“功效学”了。事物总是在不断发展的，但我们的工作仍必须以马克思主义哲学为指导，马克思主义哲学也因科学技术的不断发展而得到充实与深化。

此致

敬礼！

钱学森

1994.6.24

奉上一复制件供参阅。

注文：信中提到的“我那篇文字”是指《技术科学中的方法论问题》一文，刊载于《自然辩证法研究通讯》1957年第1期。

《自然杂志》1990年第1期刊载钱学森、于景元、戴汝为同志联合署名的文章《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》。

选自《钱学森书信》第8卷，第230～232页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年7月13日致戴汝为同志：
人机结合大成智慧观点已引起人们的兴趣

戴汝为同志：

您7月9日信收到。

您信中说我们的人机结合大成智慧观点已引起人们的兴趣，那好！这就是您申请成立您们的“科学中心”的外围好环境。宋健国务委员对此也是清楚的。这些都是好条件。我建议您和潘云鹤、张钹、李国杰等同志联名上书宋健国务委员，指出：

1）你们要做的工作是信息革命（第五次产业革命）的理论基础；

2）它也将导致人类智能的大跃进，是又一次“文艺复兴”的先声。

敢不敢？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1994.7.13

奉上1件供翻阅。

选自《钱学森书信》第8卷，第268页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年8月18日致黄顺基教授：
大家认识了现代科学技术体系结构的思想

黄顺基[①]教授：

您8月13日来信及尊作稿《问题、任务、设想——自然辩证法教学改革诌议》都收到，我十分感谢！您在信中称我对自然辩证法深有研究，这我很不敢当！这也不是客气话，读了您文章我才知道您说的自然辩证法是多么博大的一门学问，它横跨许多领域，不但包括中国自然辩证法研究会主办的《自然辩证法研究》杂志在每期封面上表明的

① 黄顺基（1925— ），男，广西昭平人，1951年毕业于复旦大学；先后从事过形式逻辑、数理逻辑、高等数学、自然科学史、自然辩证法、科学哲学、科学技术社会学的教学与研究工作。现为中国人民大学哲学院教授，博士生导师，终身荣誉教授，北京生态文明工程研究院学术委员会主任；北京创新学会顾问；主要著作：合著有《论辩证思维和它的范畴体系》等两部，主编有《自然辩证法教程》等九部，另有论文60余篇。

自然哲学、科学哲学、技术哲学，

而且您还主张要为了管理好科技工作，要讲系统工程。我又想起您在不久前报刊文章上说科学技术包括社会科学，社会科学也是第一生产力。这样说来，您的自然辩证法实是科学技术工作中的组织管理学和哲学（当然是马克思主义哲学）。这真博大呀！能在一门课程中讲全、讲好吗？

但读了您的文章，又感到还有许多当今研究自然中遇到的重要哲学问题您又似乎忽略了。例如：

（一）基本粒子问题。今年2月号美刊“Scientific American”就有一篇称“Particle Metaphysics”的文章，提出关于“完全统一理论”是否存在的问题，能否存在的问题。这不是自然辩证法的课题吗？

（二）宇宙爆胀理论问题。宇宙——时间有起点吗？宇宙是有限的吗？

（三）混沌学理论问题。自然界是决定论的还是非决定论的？或是二者辩证统一的？

这样您说的自然辩证法又似乎不够精深了。博大有余，精深不够！

您当然知道我的思想，解决这个矛盾的办法是扬弃到现代科学技术体系，十大部门，每门三个层次，每部门一架哲学概括的桥梁到最高的马克思主义哲学——辩证唯物主义。您也许知道，今年5月4日至5日在中国科学技术协会和中国自然辩证法研究会的支持下，开过一次这一思想的讨论会（北京科学会堂）。这一问题又在6月22日至23日开过一次中国科学院的“香山会议”。两次会议都有收获，大家认识了现代科学技术体系结构的思想。所以我是乐观的，今日的混乱，无所不包的自然辩证法，博大而不精深，总要解决的。

我这些话，也许会使您不高兴，那就请恕我直言，恳请谅解！

此致

敬礼！

钱学森

1994.8.18

选自《钱学森书信》第8卷，第338～340页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年9月4日致柯资能同志：
这是我说的将在社会主义中国出现的第二次文艺复兴

柯资能同志：

您8月23日来信及尊作《纳甲法<周易>卦爻辞数字》，论文《邵雍数学学派科

学思想初探》，以及李志远教授写的序都收到。您对我过誉了，我很不敢当！

看了您的论文及文章，我也有些想法，现在写在下面，与您探讨。

（一）我近年来受中医的启示，感到昌盛的西方科学技术也有其局限性。这主要是西方科学技术公开的指导思想是机械唯物论，不是马克思主义哲学的辩证唯物主义；只是西方大科学家、大工程师常常不自觉地引入点辨证思维。所以我们社会主义中国人应该纠正这一缺点，以马克思主义哲学为指导，取我国传统文化中的精华，结合现代科学技术，辩证统一扬弃为新的文化。这是我说的将在社会主义中国出现的第二次文艺复兴。

（二）看来您对我上述观点有误解。因为您把邵雍从卦卜演化出来的一套做（作）为真正的科学，称之为数学，作为的开拓，而您忘记马克思主义哲学辩证唯物主义的教导：研究客观世界必需用实践，不能靠凭空想。例如：研究宇宙要靠天文观测，不能靠玩弄数字。邵雍的那一套是给自然算命，是所谓“数术学”，不是数学。您的失误在于此！

（三）研究中国古代科学技术大有贡献的是中国科学院外籍院士李约瑟。他是实事求是的，您应该向他学习。他做到取其精华，弃其糟粕。

总之，是数学，不能搞“数术学”！此致

敬礼！

钱学森

1994.9.4

选自《钱学森书信》第8卷，第363～364页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年9月18日致戴汝为等二同志：
从思维学的角度研究中国古代文学是值得的。

戴汝为同志、钱学敏同志：

我近日在想：既然文学创作中要运用抽象（逻辑）思维、形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维，那我国几千年古老的文学作品不就是三种思维的结晶吗？那我们为什么不从中国的赋、诗、词、曲及杂文小品中学习探讨思维学呢？它们是最丰富的源泉呀。

最容易的是对联，这在旧中国是文人思维的基本功。它也最容易分析入手。例如，最熟知的有：

五月黄梅天

三星白兰地

这最简单，只是字与字对。复杂一点是毛泽东与周恩来的对联：

橘子洲，洲旁舟，舟行洲不行（毛泽东）

天心阁，阁中鸽，鸽飞阁不飞（周恩来）

这就不只是字与字对，而且有巧妙的涵义。

更深一点是清代名儒纪晓岚被一江船上武夫难倒的故事。这武夫乘的船有帆，纪晓岚的船无帆用橹。武夫出联为“两舟并行，橹速不如帆快”。这里利用“橹速”与“鲁肃”谐音，“帆快”与“樊哙”谐音，说文不如武。纪晓岚一时无对，被困数日，闷闷不乐。直到数日后抵福州主持院试大典，听到乐声，才顿悟到，下联应是：

八音齐奏，笛清怎比箫和

这里“笛清”与“狄青”谐音，“箫和”与“萧何”谐音，说武不如文。这对联就不止于形式，字与字对，而且通过谐音运用典故，达到对阵。

这种文例极为丰富，长联发展到昆明大观楼长联，每联九十字[①]。更有邓小平旧居长联，每联二百五十字[②]！真洋洋大观，是一宝库，也是我国文人的心血。

从思维学角度看，对联的过程是：出联的上联是给出一个结构，请应联的下联人按此给定的结构去找零件，字、词填入这个结构，思维就在于搜索思想库找材料。这就是对联答对联的思维学——搜索入结构。

我自己体会，所谓形象（直感）思维则是与上述答对联相反的：有材料，但无

---

① 上联：五百里滇池，奔来眼底，披襟岸帻（zé），喜茫茫空阔无边。看东骧神骏，西翥（zhù）灵仪，北走蜿蜒，南翔缟素。高人韵士，何妨选胜登临。趁蟹屿螺洲，梳裹就风鬟（huán）雾鬓（bìn）；更苹天苇地，点缀些翠羽丹霞，莫孤负四围香稻，万顷晴沙，九夏芙蓉，三春杨柳。

联：数千年往事，注到心头，把酒凌虚，叹滚滚英雄谁在。想汉习楼船，唐标铁柱，宋挥玉斧，元跨革囊。伟烈丰功，费尽移山心力。尽珠帘画栋，卷不及暮雨朝云；便断碣残碑，都付与苍烟落照。只赢得几杵疏钟，半江渔火，两行秋雁，一枕清霜。

② 上联：小事宏观，大事微观，成事纵横观，败事主客观，牢树英雄宇宙观。卓与壮哉！深谋善断，手理万机，争朝夕，筹议唯勤。忆曩昔峥嵘岁月：旅法留苏，备尝艰险话长征；桂岭打狼，中原逐鹿，淮海缚龙，巴山捉鳖。为解放鸿基，屡建殊勋。抗群魔，枉重灾，竟落得抄家削籍，愁抱初衷勿悔；耿耿兮，积愤萦怀，笃行马列志弥坚。十年浩劫，几度沉浮，不减英雄本色。九州思治，回挽狂澜，净扫红羊甘受命。昭雪顺民情，错冤假案全甄；洗余污，消余悸，废墟拔乱，弘扬务实精神。倏闻鼙鼓乍喧，仰赖才通韬略，赫赫军威震障陲，还我金瓯。推贤荐智，古崇尧禅舜谦；惩佞诛奸，近斥江欺林篡。高风亮节，彪炳千秋，举世尊称当代伟人。堂堂仪貌，秩秩德音，岱岳登峰天下小。

下联：平时剑气，战时勇气，穷时傲骨气，达时豪迈气，紧标俊彦凌霄气。多且好也！灼见真知，身兼数任，辨是非，指挥若定。看今辰锦绣河山：翔鸾集凤，犹记忧欢图永固；农渔包产，厂矿扩权，税盈同课，党政分工，对共和绪业，常抒构想。统一国，存两制，已会签复港收澳，略传夙愿将酬；拳拳者，至诚置腹，早合台澎心更切。廿纪嘉猷，双番增值，倍钦俊彦襟灵。亿户脱贫，振兴华夏，紧催赤骥欲腾骧。律科孚众望，残陋陈规尽破；开自锢，启自封，肃弊纠偏，控占攻尖领域。漫谓特区刚辟，敬蒙计議研桑，频频捷报拓琼岛，琢斯玉璞。革故鼎新，外引欧资美技；择优蕴粹，内联私贸公商。裕庶强邦，晖荣百族，环球盛赞亚洲奇迹。奕奕神功，皇皇正道，乾坤转斗泰阶平。

结构。思维的任务是找形象，即结构。相反，不也相成吗？我们总结中国极为丰富的对联文学，不能为研究形象（直感）思维做贡献吗？知道形象（直感）思维是从零碎材料找结构不就是一个开端吗？从思维学的角度研究中国古代文学是值得的。

以上当否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1994年9月18日

选自钱学森：《科学的艺术与艺术的科学》，第135～137页，人民文学出版社，1994年12月第1版。

1994年10月7日致戴汝为等三同志：
教创造的本事在大成智慧学中是一个重要问题

戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志：

奉上杨爱萍和郭炳灿在1994年8期《教育研究》上论文之复制件，请阅。创造的本事如何“教”？这在我们的大成智慧学中是一个重要问题。

过去我知道的有美籍华人李耀滋（MIT教授）曾研究过“发明学”，是讲如何启发人去发明。他提出的方法是群体讨论，互相激励，以便使智慧升华，达到灵感、顿悟。这也是我说的社会思维的一个作用，而民主集中制即实行社会思维的方法。

从我们大成智慧学，似可讲讲如何搞创造教学，您们以为如何？

此致

敬礼！

钱学森

1994年10月7日

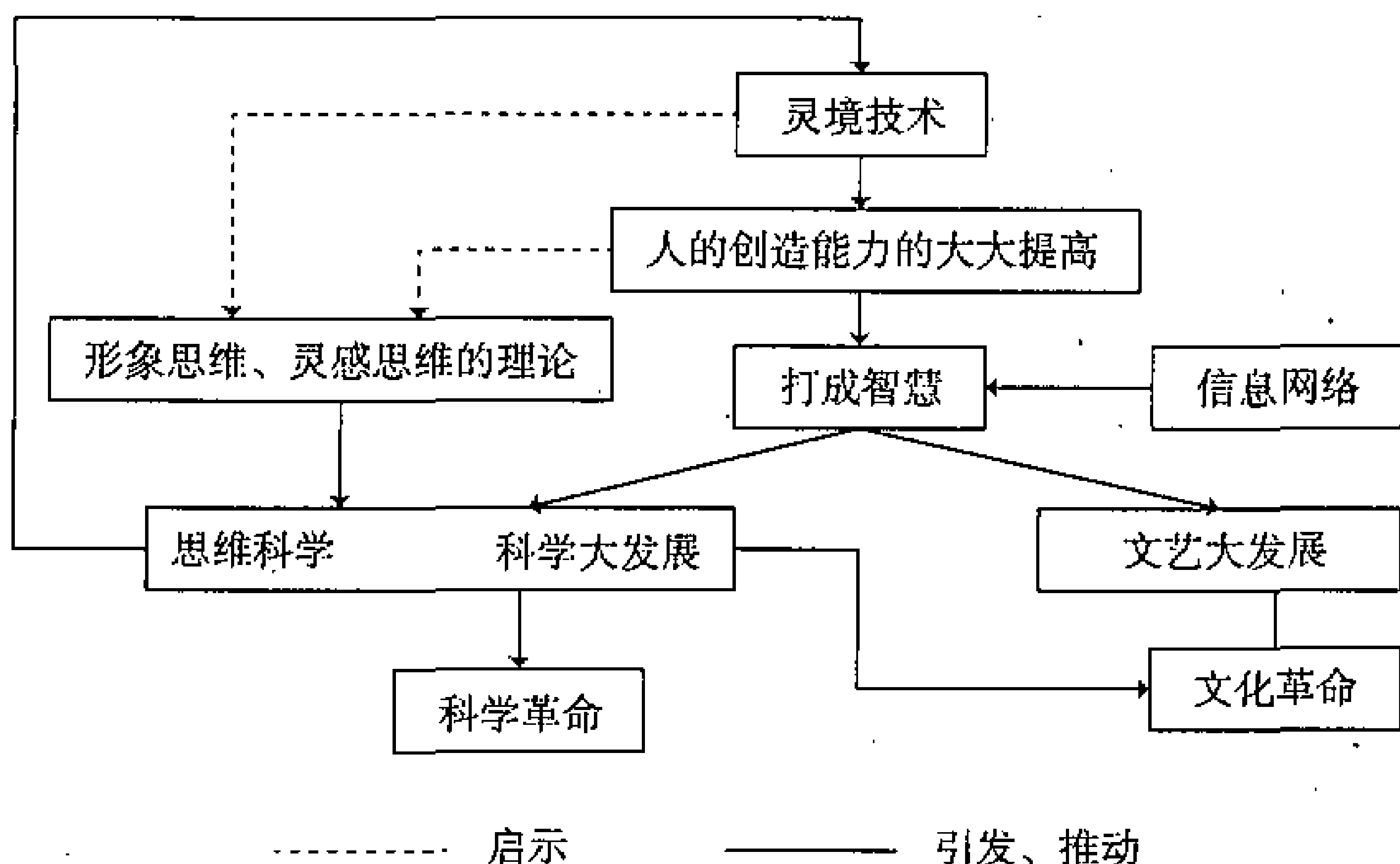
选自戴汝为著：《社会智能科学》，第230页，上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

1994年10月10日致戴汝为等三同志：
灵境技术是计算机技术革命之后的又一项技术革命

戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志：

我近读汪成为同志写的《灵境是人们所追求的一个和谐的人机环境，一个崭新

的信息空间（cyberspace）》颇有启发。还看了《高技术通讯》1994年9期39页～43页清华大学计算机系曾建超同志及石定机同志写的《虚拟现实技术及系统》。钱学敏同志则多次在她写的文章中提到灵境技术与大成智慧的关系。由此引起我的一个想法：灵境技术是继计算机技术革命之后的又一项技术革命。它将引发一系列震撼全世界的变革，一定是人类历史中的大事。具体关系见附页图表。



请教。

此致

敬礼！

钱学森

1994.10.10

选自《钱学森书信》第8卷，第398～399页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年10月10日致戴汝为同志：
民主集中制就是社会思维学的基本原理

戴汝为同志：

奉上哈尔滨科技大学曾杰同志的来信及文章，和我复曾杰同志信的复制件，供参阅。

党的民主集中制就是社会思维学的基本原理，非常重要，我希望我国思维科学界同志能重视这个问题。而且信息网络的建立，将使社会思维有个前所未有的发展，所以这也是现代中国第三次社会革命的问题。

以上请酌。

此致

敬礼!

钱学森

1994.10.10

选自《钱学森书信》第8卷，第397页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年10月10日致曾杰同志：
社会思维的规律就是我们的民主集中制

曾杰[1]同志：

您10月6日信及大作《试论社会思维学的对象和体系》都收到，我十分感谢!

读了尊文后，我认为您用了许多心思对明确社会思维学的研究范围作了界定，这很好！但我感到似还有几点可以商量：

要说明社会思维学是讲人群体中思维可以通过对话、书信相互交流促进，并研究如何才能更好地搞这种思维交流。它不是行为科学，也不是精神文明学。就在反动的集体中，如国外的大资本家的参谋们也有社会思维，他们要策划嘛。在我国的南宋“鹅湖之会”，那是在封建意识的人们中搞社会思维。所以社会思维学是思维科学，不是行为科学。

社会思维的规律用一句话，就是我们党的民主集中制：在集中领导下的民主，在民主基础上的集中。在“鹅湖之会”不也有几条会规吗？那就是集中领导。而学生可以不同意老师，那就是民主了。所以党的14届中央委员会4次全体会议的《决议》也是社会思维学的好教材。

在我国一切群体的研究讨论中，都很少能遵守社会思维学的规律、民主集中制办[2]。所以效果欠佳。这一条是非常重要的，它关系到我国社会主义建设的大业!

因有以上几条，我希望您把您的书写好。

此致

敬礼!

钱学森

1994.10.10

---

① 曾杰（1928— ），男，湖北省建始县人，毕业于解放军大连俄专（本科），曾任哈尔滨科技大学哲学教研室主任、哈尔滨理工大学教授，兼任黑龙江省思维科学学会副理事长等职，专著有《社会思维学导论》，合著十余部，发表论文50余篇。

② 此“办”字似应改为“原则”。——编者

选自曾杰、张树相：《社会思维学》，扉页，北京，人民出版社，1996。

1994年10月16日致戴汝为同志：
集成法和研讨厅的技术依托为信息技术

戴汝为同志：

读了您的《从定性到定量的综合集成法及综合集成研讨厅体系》，也想了想钱学敏同志那几篇文章的内容，觉得集成法和研讨厅的理论根据似是：

（1）毛主席的《实践论》。认识源于人的实践，先有感性认识，然后加工综合上升到理性认识。

（2）思维学。

（3）集体思维，相互促进，所以是社会思维学。我们党总结为民主集中制。

（4）对象常常是复杂的，所以要系统学。

（5）知识体系的作用很重要，所以是科学技术体系学；大成智慧。

集成法和研讨厅的技术依托为信息技术。

这些话有道理吗？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1994.10.16

选自《钱学森书信》第8卷，第406页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1994年11月16日致戴汝为同志：
要把“民主集中制”变成一门思维学

戴汝为同志：

您11月7日的信收到。

促进组建中国思维科学学会的事就麻烦您了。当然找一个合适的挂靠单位是非常重要的；一般是要在北京，而且还得容个学会办公室。您所行不行？或者您兼职的地方？都请您考虑了。当然学会秘书长得在挂靠单位；真要费点心思。

思维学中的“社会思维”非常重要，那不只是一群人凑在一起，而要做到互有启发，使每个人的大脑激活，提高一步，即1+1+……（n个）>n。现在对此还研究得不够，我们要把“民主集中制”变成一门思维学：“又有集中又有民主，又有纪

律又有自由，又有统一意志又有个人心情舒畅”！

此致

敬礼！

钱学森

1994.11.15

选自《钱学森书信补编》第4卷，第399页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1994年12月25日致于景元同志：从定性到定量综合集成法有更广阔的用处

于景元同志：

新年有几天假，也许您有时间读点材料，故附上戴汝为同志送来的李世煇同志文，请阅。我看：1）他的隧道工程恐怕还算不上复杂巨系统，所以他论述的实是系统工程方法论；2）但他也用了定性到定量综合集成。这说明从定性到定量综合集成法有更广阔的用处。请酌。

话又说回来，毛主席早在《实践论》中讲了，人的认识总是从定性到定量的，是一般规律。区别在于对系统的复杂程度与此过程反复次数，对比较简单的系统，不必反复，或反复一次即成；而对复杂巨系统则要反复多次，所以要综合集成研讨厅了。您看呢？

您12月22日信中讲的情况很重要。从报纸报道看，总书记在软科学会议上24日讲，软科学是综合自然科学工程技术与社会科学的，这是一语道破了！好极了！这是过年的喜讯！

此致

敬礼！

钱学森

1994.12.25

选自《钱学森书信》第8卷，第524～525页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年

1995年1月2日致戴汝为同志：
重要的是形象（直感）思维和大成智慧学

戴汝为同志：

奉上一篇发表在《文艺研究》1994年5期的讲灵感思维的文章复制件，请参阅。

此文优点在于解释了灵感的来源，来源于社会实践；又说明不仅仅是从实践照抄，而又有人脑的加工。所以是辩证唯物主义的。

但此文也有不足之处：1）它没有讲灵感思维实是半醒状态下的形象思维；2）它也没有讲为什么在清醒状态下不行呢？是因为在半醒状态人思维的框框少了，能出现大跨度的的跳跃。这后一条我自己有体会：从前自己头脑中框框多，所以对一个新问题的思索，有时百思不得其解，要求灵感思维，于半梦境中突然解决。后来进入现代科学技术体系，能综合看问题了，也就能大跨度搞形象思维，问题解决得了，也就再也没有从前的灵感经验了。

所以重要的是形象（直感）思维和大成智慧学。灵感（顿悟）思维实是形象（直感）思维的特例。我们这是把灵感再次降级。

以上当否？请指教。

此致，

敬礼！

钱学森

1995.1.2

选自《钱学森书信》第9卷，第001～002页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年1月25日致李世焊同志：应正确认识典型这一宏观思维方法

李世焊[①]同志：

您元月23日信收读。您强调在对系统的全局认识中运用典型的重要性，对此我同意。在没有现代科学分析方法的古代，这是人们能运用的唯一方法。这里有个突出的例子，即中医理论。但在今天，我们要运用现代科学技术，特别是系统学，看到这个古老方法的局限性。有以下几点，请酌：

（一）用典型那就要求研究对象是相对稳定、无大变化的，如人体，如隧道地学环境，这都是上千年、几千年无大变化。只有这样，才说得上典型，典型才有意义。如果研究对象是在变化发展中，尤其对开放的复杂巨系统而言，典型也就难以肯定，我们没有经验呀。我们只能看大系统、巨系统的某一侧面，也许能找到典型，即过去类似的经验，看出对象的可能变化；但这只是局部的，能作为点滴参考，不能肯定就是如此。

（二）中医理论就是典型法，从病人各种典型概括出阴阳五行的理论。但就是对人体这一千百年事例中得出的中医理论也不能作为死教条，按病人实际情况还应作适当调整。中国有名的中医都根据自己行医经验对医方作些适当变动，这才是名医，不是庸医。您在处理隧道工程中一定也是如此。

（三）对正在变化中的开放的复杂巨系统，如我国的社会经济，“典型”就更难了，史无前例嘛。在分析研究我国目前的社会经济，只能“摸着石头过河”！所谓“典型”是专家意见，一得之见，不可能全面。所以必须把这种宏观的专家意见，多方面的经验规律，用一个庞大的系统模型综合起来，再通过验算，看看结果，请专家们发表意见；如有看法，再修改系统模型。经多次修改试算，专家们都同意了，才算有了结果，最好的对复杂巨系统的认识。这就是从定性到定量综合集成法，也就是综合研讨厅体系的工作。

（四）总之，对开放的复杂巨系统而言，“典型”有重要意义，应该重视，是专家意见；但又不能死抱着不放，那就一定会犯错误！50年代末的农村典型调查及由此制订的农业体制，不就是教训吗？

---

① 李世焊（1932— ），男，总参工程兵第四设计研究院高级工程师，兼中国科学院工程地质力学开放研究实验室客座研究员；参加过抗美援朝，1964年毕业于哈尔滨军事工程学院；荣获国家科技进步二等奖1次，军队科技进步一等奖2次，享受政府特殊津贴；发表论文数十篇，其中SCI收录的国际期刊3篇，专著四部。

因此对开放的复杂巨系统，我们应正确认识典型这一宏观思维方法，知道它的作用和局限。

此致

敬礼！

钱学森

1995.1.25

选自《钱学森书信》第9卷，第041～043页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年1月2日致戴汝为同志：强调创造性思维中大跨度的重要性，是在说大成智慧

戴汝为同志：

现奉上一剪报复制件，……1月29日《科技日报》1版上的《弥漫思维》，请阅。他说的实是我们的形象（直感）思维，但他特别强调在创造性思维中大跨度的重要性，这很好。他也是在说大成智慧。

以上当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1995年2月2日

选自戴汝为著：《社会智能科学》，第233页，上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

1995年2月7日致陈炎同志：大成智慧最核心的概念是现代科学技术体系结构

陈炎[①]同志：

您春节来信收到，信机写得很好，读来方便，现代化了。唯末尾署名，似仍宜笔写，是签字嘛。

您的思想据我看，似忘了马克思主义。您把西方近代思想方法与中国古代思想

① 陈炎（1957—　）；男，北京人，先后获山东大学文学学士、硕士、博士学位，曾任山东大学教授、文学与新闻传播学院院长、副校长兼研究生院院长、教育部社会科学委员会委员；发表论文逾百篇，出版学术专著多部；曾获多项奖励，享受国务院颁发的“社会科学突出贡献者津贴”。

方法之差异归结于西方与东方。怎么不指出这是生产力发展阶段和社会制度发展阶段之差异？西方的这一套大大兴起于18世纪末进入资本主义时代，而从前中国却留滞于封建社会。是经济基础影响上层建筑嘛。而且在旧中国也不是一点逻辑论证分析都没有，旧中国的考证学不就是逻辑论证分析这种“微观”方法吗？所以我请您千万不要忘记历史唯物主义！

我们要走向大成智慧，最核心的概念是现代科学技术体系的整体结构，不是零碎的知识瓦片、木椽、窗格！这个整体结构的最高层是马克思主义哲学的殿堂。我们一定要把握这一结构。因为时代变了，具体信息、知识零件并不一定记在我们脑中，可以查书，用不着像书呆子那样皓首穷经。不久的将来，在中国建立起信息网络，那您要什么知识信息，在您案上的电子计算机就能回答。所以是掌握知识体系结构，能跨学科、全领域看问题，不在于非把细节都埋在头脑中。

这是中心问题。怎么学习才能做到？方法途径多得很，您来信中提的也是个方法。但要明确中心目的，才能见效。

以上请考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1995.2.7

选自《钱学森书信》第9卷，第061～062页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年2月9日致戴汝为同志：
核心问题还是人·机结合，这大概永远是如此

戴汝为同志：

我非常高兴地读了您春节的来信！春天到了，思维科学也有了新的启示了！

核心问题还是人·机结合，这大概永远是如此。人脑也会因有了先进的信息系统而变得更聪明，人与机互相促进。人工智能过去的缺点就在于此，以为机可以完全代替人。

但人，不论中国人还是洋人，有了教训终会领悟的，您信中说的H.Cohen，M.Minsky，D.Partridge和J.Rowe的发展，就是看到僵化的计算机程序不能达到要求，所以引入灵活性。但我想向什么方向“灵活”？到时还是靠使用这系统的人吧。所以还是人·机结合。这是用我们的观点看问题，解决他们的工作思想。

当然，人也会使机器不断进步，越来越智能化，那就会解除人·机结合中人的一些工作任务，让人解放出来做更难做的事。那也会使人脑更上一层楼！

我想这就是我们用大成智慧学的观点，也就是用马克思主义哲学论外国人的工作。我们要了解他们的工作，吸取其精华，用我们的智慧加以发展光大。学外国人是为了比他们干得更好。

以上您以为如何？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1995.2.9

搜查文献中有用的东西要靠一个集体，单干不行。

选自《钱学森书信》第9卷，第064~065页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年2月15日致戴汝为等三同志：
大成智慧教育要胜过美国“2061计划”

戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志：

戴汝为同志2月13日给我来信并附来他写的《形象（直感）思维与灵感（顿悟）思维》，现将此文复制请汪成为同志和钱学敏同志阅并讨论。戴汝为同志在信中还告他现有一位硕士生王鲁民在弄计算机下围棋，着重考虑棋局开始时的“布局”宏观问题。他的另一位博士生李明敬在搞对特定人手写汉字识别。我想：这种特定计算机程序多了，我们就可以综合，人仍是主宰，但大大节省脑力，也可以大大拓广视野。那将是人·机结合的形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维了。此见当否？请教。

再奉上一复制件是美国的“2061”计划，是美国一些权威学者们设想的，到2061年哈雷慧星再来前的美国教育改革。我从前也在文章中提过这一发达国家的教育现代化计划。但到2061年，那正是我们说的现代中国第三次社会革命，那我们讨论过的教育改革比起美国的“2061计划”在下列两点上要比他们好：

1）我们强调了哲学、马克思主义哲学的主导地位；并有性智、量智并重。

2）我们也因此重视在教育中的文艺修养，文、理、工、艺并重。

一句话：大成智慧教育要胜过“2061计划”。

此见当否？也请教。

此致

敬礼!

钱学森

1995.2.15

注文：“性智、量智”是我国哲学家熊十力先生提出的。他认为人的智慧有两个方面：文化、艺术方面的智慧叫“性智”；科学方面的智慧叫“量智”。

选自《钱学森书信》第9卷，第072~073页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年2月20日致戴汝为等二同志：Cyberspace是人-机结合的思维、思想活动世界

戴汝为同志、汪成为同志：

您二位在2月17日和2月18日分别给我写的信，我都收到了，我读后很受启发。所以写此短信奉告，并将二位信又复制分别附函奉上，大家交流。

我们的优势在于有马克思主义哲学作指导原则，有毛泽东思想为我们开路。对我们搞这样的复杂巨系统工作，这尤其重要!

关于中文名词：有关老词是noosphere（思维圈），新词的Virtual reality似宜仍用“灵境”；而cyberspace是人-机结合的思维、思想活动世界，似可称为“智慧大世界”，简称“智界”。二位以为如何?

这样看，抓“思维与智能科学学会”是很重要的工作。

此致

敬礼!

钱学森

1995.2.20

选自《钱学森书信》第9卷，第086页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年2月26日致戴汝为等二同志：饶明教授也在搞人-机结合的智慧工程

戴汝为同志、汪成为同志：

近见《中国科学报》1995年2月20日3版报道《饶明教授与世界上第一个智能工程研究中心》，现复制奉上。您二位知道他和他的工作吗?我看他也在搞人-机结合的智慧工程，不知二位以为如何?

此致

敬礼！

钱学森

1995.2.26

选自《钱学森书信补编》第5卷，第013页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1995年3月5日致戴汝为同志：
Intelligence integration应是“大成智慧”

戴汝为同志：

您3月1日信及附件都收到。

饶明教授的intelligence integration应该是我们说的“大成智慧”。您8月如能去了解，将是件好事。

心理学与思维学关系也很密切。我想中国的心理学工作应该与思维科学工作互补发展。您今后如能注意这一点，那是有益的。

此致

敬礼！

钱学森

1995.3.5

附上一剪报复制件请参阅。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第015页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1995年3月6日致钱学敏教授：
要实现大成智慧必须用信息网络

钱学敏教授：

您3月5日信及文稿都收到。看了稿子后有以下几点意见，请考虑：

文中对我称赞的词多极了，这不科学！请把这些词删去，实事求是。评价由读者、听众去定。

15页上的那个事例您搞差了，不是苏军，是德军！已用铅笔写在页旁。

要实现大成智慧必须用信息网络，所以要用“信息公路”。所以是第五次产业革命。

国外有个字“cyberspace”，我认为即大成智慧，或译称“智慧大世界”，简称“智界”。

我当年在上海交大，业余读的除航空工程外，读空气动力学理论、流体力学的书，不是数学的书（见稿11页）。

原稿奉还。

“九九”快过完了，我想起小孩的时候，妈妈叫我在纸上画下列九个空勾字：

庭前垂柳珍重待春风

九个字，每个字九笔。每天填一笔，就九九八十一了。

问长彬教授安！

此致

敬礼！

钱学森

1995.3.6

选自《钱学森书信补编》第5卷，第018～019页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1995年3月16日致戴汝为同志：
创造思维才是智慧的泉源

戴汝为同志：

我近读路甬祥、陈鹰写的三篇讲人机一体化系统的文章和叶峻的讲特异思维的文章颇受启发，想到思维科学与人体科学以及计算机信息网络是该有一个什么样的关系。这也自然涉及科学技术体系的问题。所以比较重要，谨陈述如下，请考虑。叶峻的文章也附上供参阅。

（一）我们要进一步分清什么是人体科学，什么是思维科学。现在我想所谓感觉和知觉都是人体科学中神经心理学要研究的领域；而更上一层的所谓感受则是精神学的研究领域。我们讲的社会思维学实是研究人在集体讨论所触发的大脑激化状态下的思维，所以它主要是神经心理学和精神学的事；只处理所获得的信息，那才是思维学的研究课题。

（二）这就提出思维学是研究加工信息，而不是研究如何获得信息，那是人体学的事。人体学要研究人在集体讨论中大脑的激化状态。①

（三）这样，思维学的任务就是怎样处理从客观世界获得的信息，包括Popper

---

① 赵光武主编《思维科学研究》（中国人民大学出版社，1999年8月第1版）和戴汝为著：《社会智能科学》（上海交通大学出版社，2007年1月第1版）中所载此信的该段末，均有“人体学也要研究特异功能人是怎样接收处理信息的。”故加此注，备读者查证、研究。——编者注。

的“第三世界”这个非常重要的信息源，信息库，以获得改造客观世界的知识。处理可以只是人干，也可以人—机结合（机器干一部分）。

（四）这样看思维学就只有3个部分：逻辑思维，微观法；形象思维，宏观法；创造思维，微观与宏观结合。创造思维才是智慧的泉源；逻辑思维和形象思维都是手段。

到今天，我们对逻辑思维研究得最深；对形象思维只是搞了个开端；对创造思维则尚未起步。对思维学我删去灵感（顿悟）思维、社会思维和特异思维，加一个创造思维。也把从前的抽象（逻辑）思维简称为逻辑思维，形象（直感）思维简称为形象思维。

（五）有吴文俊的工作，所以逻辑思维的任务看来可以交给机器去干。而对形象思维的计算机化才开始，现在主要靠人。至于创造思维，现在只能靠人了。当然，人在思维过程中离不开信息网络。

以上5条，请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1995.3.16

此信复制5份，分送王寿云同志、于景元同志、汪成为同志、钱学敏同志和涂元季同志。

注文：Popper:Karl R.Popper，卡尔·R.波普尔（1932～1994），英国逻辑实证主义哲学家。

选自《钱学森书信》第9卷，第132～134页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年3月16日致钱学敏教授：
大成智慧教育要国民经济达到发达国家水平才行

钱学敏教授：

附上一复制信，是我给戴汝为同志写的，讨论了人·机结合的思维学问题。

再附上一剪报复制件是美国的几所用计算机信息网络上课的大学，从中可以看到大成智慧教育所需的物质条件。所以对大成智慧教育有个条件，国民经济要达到发达国家水平才行。对人民中国来说，还要半个世纪吧？所以我说，大学生光积极是不够的，要等到他（她）们的子孙辈，才会实现大成智慧教育！

问长彬教授安！

此致

敬礼！

钱学森

1995.3.16

注文：所附剪报复制件是郑宝龙的《大学校园新风：携机上学、联机教学》一文，刊载于《科技日报》1995年3月15日第8版。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第018～019页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1995年4月20日致戴汝为同志：形象思维能力上升了，人·机结合到“大成智慧”

戴汝为同志：

我很兴奋地读了您4月16日来信。

人民中国不但有吴文俊院士，而且还有张景中教授（将即成为张景中院士！）真大好事也！

而您和您的学生郝红卫又对人·机结合的数码（手写）汉字识别系统有了突破！这一工作是您和您的学生在十年前的系统又一发展；那次是一次性系统，因而有些局限性，现在不同了，系统是不断学习适应手写人的！这打破了死机器的缺点！成了活的了，“大成智慧”！

我想这对形象思维的研究会有启发。形象思维不就是由人感受到的形象去搜索存贮于大脑中的形象库，求能对号的形象吗？这不也是从一个新的“手写”的，去对一个已知的吗？当然也要用人·机结合的网络集成！大有希望，可喜可贺！这一旦成功，大脑中形象库就大大扩展为计算机网络中的信息库，存量成百上千倍地增长，形象思维能力上升了，人·机结合到“大成智慧”！

此议当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1995.4.20

又：“神经网络”一词在我们工作中能不能用“信息网络”一词？是信息通道，不是真的神经嘛。

选自《钱学森书信》第9卷，第177～178页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年5月14日致王寿云等二同志：
综合集成研讨厅是件新生事物，要靠实践

王寿云同志、汪成为同志：

我很高兴能收到您二位5月8日来信及关于研讨厅的材料；我要向您二位祝贺已取得的成绩：已有了个能运转的研讨厅体系了。

但从定性到定量综合集成研讨厅是件新生事物，我们只是从过去于景元同志的工作悟出这个想法，理论是极有限的。所以发展研讨厅体系要靠实践，实际用它加专家们一起，在实干中发现改进的一条条可能，再一步一步改进。所以要多用，多探讨改进。

就是一个题目，也可以多次试用，找出最有效的工作方法。因此运转经费要多一些，也要有一帮肯下功夫同研讨厅“泡”的同志。“熟”才能生“巧”嘛。

以上也许您二位早想到了，那我就是废话连篇了！

此致

敬礼！

钱学森

1995.5.14

选自《钱学森书信》第9卷，第203页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年6月2日致于景元同志：
从定性到定量综合集成法，已得到大家首肯

于景元同志：

昨日畅谈，我很高兴！钱学敏带来顾基发托她送我的信和您们在5月23～25日开的《第一届美—日—中系统方法论会议论文集》，我翻看后，结合昨日聚谈所得，想起一个问题，陈述如下：

我们的从定性到定量综合集成法，已向世界同行介绍，并得到大家首肯，那我们就该乘胜前进，同时团结系统学的工作者，把从定性到定量综合集成法作为系统学的主干，说明其他系统方法作的其适合其它特殊条件的特例，是分枝。即不是由提高简单系统、大系统、简单巨系统，建立开放的复杂巨系统理论，而是从复杂巨系统按级作的特例来分化出其它系统理论。把其他理论工作者团结在我们的周围。

这是先讲大的总观点，然后讲特例；先建立总的理论，然后讲各种条件下简化的特例。也是从开放的复杂巨系统学建立系统学。从繁到简。

能不能把计划的《系统学》这样写？这不是提高了认识？从高处俯览全局。

头一篇讲观点的论文，仍由三人写，只把钱学森换成汪成为。行吗？请考虑。

此致

敬礼

钱学森
1995.6.2

选自《钱学森书信》第9卷，第234～235页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年6月11日致戴汝为同志：
“泛化”是大成智慧的组成部分

戴汝为同志：

读了您6月8日信讲embedding，我想这还不是“泛化”。“泛化”是把已知的某一认识，一下子用到更大或更小时空的还未认识的事物。我在6月5日给您信尾举的例子是从太阳系运动“泛化”到原子结构，到星系，再到星系团。而embedding“嵌入”则是把对事物的研究扩展到其周围。

“嵌入”法我过去也常用。如求$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx$，感到为难，就把x“嵌入”复变数x+iy=z，把x轴“嵌入”z平面，考虑$\int f(z)\,dz$，把积分路径选为沿x轴从-∞到+∞，再加一个从+∞到-∞的大半圆，成为闭路，这样按复变函数理论，整个回路积分应等于回路中的pole的值之和。而$\int f(CE)\,dz$循大半圆从+∞到-∞又常常是零，那$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\,dx$就等于pole值之和了。这一方法我多次应用，很成功。“嵌入”也是扩大思索的范围，但没有跳到不同层次的问题。

“泛化”是跳到不同层次的问题。

另一件事。附上Scientific American今年6月号文的复制件，是讲Santa Fe Institute搞complexity的困惑。我看他们没有理解开放的复杂巨系统！开放的复杂巨系统是无法从微观用电子计算机模拟的——没有那么大的电子计算机！这帮人也忘了Gell Mann讲过的要珍视人们宏观的猜测。我们的metasynthesis是组织宏观整体的观察，把人们感觉到的规律用严密的定量系统结合起来。而人们又是怎么感觉的呢？这里“泛化”思维作为一种形象思维起了作用。所以“泛化”是大成智慧的组成部分。“泛化”是大跨度的跳跃，不是“嵌入”。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1995.6.11

注文：所附复制件是John Horgan的From Compliexity to Perplexity一文，刊载于Scientific American杂志1995年6月刊。

Gell-Mann：Murray Gell-Mann，默里·盖尔曼（1929—），美国物理学家，1969年因对基本粒子的分类及其相互作用的发现而获得诺贝尔物理学奖，同时也是美国圣塔菲研究所和复杂性科学研究的创始人。

选自《钱学森书信》第9卷，第248～250页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年6月21日致戴汝为同志：
"大彻大悟"是人类认识的最终目标、最高理想

戴汝为同志：

您6月18日来信讲了许多重要认识论和思维学的问题，我经过一番思考，现在有以下几点想法，向您谈谈。

（1）"大彻大悟"只能是人类认识客观世界的最终目标，是最高理想；但对任何一个具体的人来说，这最终胜境是达不到的！当然随着科学技术的进步，会促进这个过程。如信息网络、如我们的大成智慧学和大成智慧工程，都会大大加速这个过程，但也只是快一点而已。我们不是唯心主义者！

（2）从实践感知到感性认识是就事论事的经验总结，其中思维过程比较简单。难在从感性认识到理性认识这个飞跃。这是感性认识的规律要嵌入理论体系。这一步要选出可以嵌入的已知理论体系，如果都不合适，那就要修改已有的理论体系了。这一步比较难，逻辑思维当然要用，要验证嘛，但重在找路子，所以泛化就很有用了。

总之，我们是辩证唯物主义者，一方面要解放思想，看到光明，今人要胜过古人；另一方面又千万不可超出现实！请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1995年6月21日

选自戴汝为著：《社会智能科学》，第238页，上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

1995年6月28日致杨春鼎教授：
创造需要把形象思维的结果再加逻辑论证

杨春鼎教授：

您6月22日信及附作都收读。

戴汝为院士和我经过讨论，对思维学又有些发展，现向您报告如下：

我们要分清脑科学与思维学。人脑是怎么接收信息、存贮和处理的？属脑科学，而这是很难的学问，到今天也是议论纷纷。思维学是研究思维过程和思维结果，不管在人脑中的过程。这样我从前提出的形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维实是一个，即形象思维，灵感、顿悟都是不同大脑状态中的形象思维。另外，人的创造需要把形象思维的结果再加逻辑论证，是两种思维的辩证统一，是更高层次的思维，应取名为创造思维，这是智慧之花！

所以归纳为逻辑思维、形象思维和创造思维。从前提过的“社会思维”、“特异思维”等皆不同脑状态下的思维，仍不出以上三种基本类型的思维。

形象思维要深化。您认得的南京邹伟俊同志[1]不久前提出“泛化”的概念，是大跨度的形象飞跃。如科学中，从太阳系，一下子到原子结构，飞跃过宏观到微观；也从太阳系，一下子到星系，再到星系团，飞跃过宏观到了宇观。“泛化”是邹伟俊的大发明！

对教育，14年到硕士，是必须用计算机和信息网络的辅助的。是大成智慧工程的未来教育。

以上这些话，都飞到21世纪去了。您现在还为您的儿子女儿忙您说的“应试教育”！

此致

敬礼！

钱学森

1995.6.28

选自杨春鼎：《形象思维学》，第190～191页，中国科学技术大学出版社，1997年9月第1版。

---

① 邹伟俊：南京市江浦县中医院医生，全国唯象中医学研究会会长。——杨春鼎注

1995年7月4日致钱学敏教授：
大成智慧到中国第三次社会革命胜利就实现了

钱学敏教授：

现奉上贾高建同志著《三维自由论》一书，请参阅。作者与众不同地提出除了主体自由和社会自由之外，还有个个性自由，所以称“三维自由”。这都是人学了。但我体会，我们宣传的大成智慧结合第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命，到了现代中国第三次社会革命胜利的时刻，这“三维自由”就实现了。马克思主义的行为科学要研究这个问题！请您加油！

我问长彬教授好！

此致

敬礼！

钱学森

1995.7.4

注文：贾高建著《三维自由论》一书由中共中央党校出版社1994年10月出版。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第082页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1995年8月9日致戴汝为同志：
一切复杂系统必须用从定性到定量的综合集成法

戴汝为同志：

您8月2日来信收悉。

“泛化”作为形象思维的一种，发源于中医邹伟俊大夫，杨春鼎同志尚未能深入研究。看来进一步研究还要看今后大家的努力了。

大庆的同志对石油开发是有重大贡献的，他们的一套科学方法和技术措施也是一大科技进步。您说这是综合集成，很有道理；这也就是说一切复杂系统必须用从定性到定量的综合集成法。对吗？

附上杨春鼎的一纸来信供参阅。

此致

敬礼！

钱学森

1995.8.9

选自《钱学森书信补编》第5卷，第095页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1995年8月20日致戴汝为同志：
形象思维重要，广泛运用知识，大成智慧是基础

戴汝为同志：

附呈《文艺研究》1995年4期上两篇文章的复制件，供参阅。

“泛化”如作为“联觉”，那“统觉”和“通感”就是更高层次的形象思维了。但不管是哪一种都靠人能掌握的信息，所以象思维重要，人必须能广泛运用知识，大成智慧就是其基础了。对吗？请教。

我的女儿钱永真这次回国看我和蒋英，能遇到詹瑞玲大嫂，永真很受教益。为此蒋英和我都要向詹大嫂道谢！

此致

敬礼！

钱学森

1995.8.20

注文：所附两篇文章是：谭德晶的《通感的两个基本类型——兼及艺术感觉的几种特性》，刊载于《文艺研究》1995年第4期；于贤德的《论联觉、统觉和通感的联系与区别》，刊载于《文艺研究》1995年第4期。

选自《钱学森书信》第9卷，第315页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年9月17日致戴汝为同志：
人·机的相互作用是综合集成法的要害

戴汝为同志：

我非常感谢您9月13日来信及3篇论文（书序）的复制件，它们使我得到许多启示！现将我的想法向您报告如下：

（一）先说张景中等人的工作。我认为计算机解答几何问题是靠人输入到机器中去的语言，吴文俊的计算机处理用的是解析几何语言，计算比较繁，人去跟踪也比较难。而张景中等人用的语言加入了部分几何语言，能大大简化计算机处理。

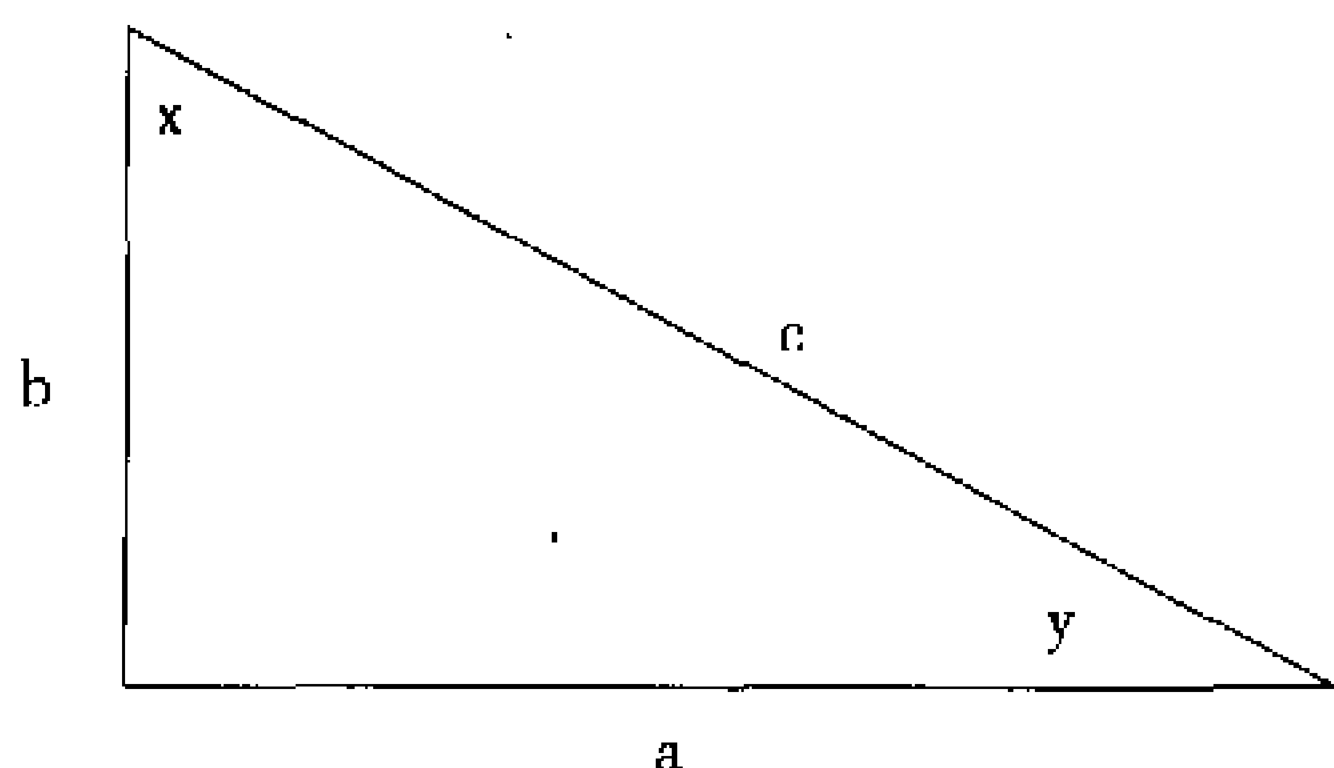
举一个我想到的例子，即直角三角形三边的关系；从几何相似，我们有

$x/b=b/c$，$y/a=a/c$

这是直接用了几何语言。然后用机器处理，因为

$c=x+y$，而$x=b^2/c$，$y=a^2/c$，所以

$c = b^2/c + a^2/c$



得

$a^2 + b^2 = c^2$

计算机步骤比较简单了。

所以张景中等人有创新，要害在于用了更有效的语言。

（二）所以计算机处理靠人发明的语言。

（三）我们倡导的“综合集成研讨厅体系”是更提高一步，是专家的建议语言也是在处理过程中不断修改改进。所以是靠人·机的相互作用，这就是从定性到定量综合集成法的要害。

以上当否？请教。

此致

敬礼!

钱学森

1995.9.17

选自《钱学森书信》第9卷，第342～343页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年10月23日致戴汝为等二同志：
未来的人工智能是“大成智慧”工程

戴汝为、钱学敏同志：

您二位到医院来看我，谈的问题都十分重要，我一直在思考。现在我已痊愈，一切恢复正常，已于10月20日回家。

写这封信是为了讲一个想法，请您二位考虑并指教。

读了清华大学张钹教授的《近十年人工智能的进展》，认为“人工智能”从按设计者的思想设计出一个机器按规定执行这一工作开始，现在是要机器像人那样在变化多端的环境中完成某一方面的工作。这是很大的扩展！对这一大变化，国外人工智能专业工作者似乎没有认识到：（1）机器要认识工作对象；（2）机器要认识

工作环境；（3）机器认识了工作对象和工作环境这种千变万化的情况后，要能做出正确的判断，选出工作方案去执行；（4）在执行中也会发现有原来方案不足或有误，要纠正。换句话说，机器要能像人那样感觉和思考！这是说人工智能是一项系统工程，要用多种学科，只有所谓“人工智能”是远远不够的，要用控制论（讲反馈外部情况），用系统科学，还有思维科学。

其实说到底，是要用机器干人做的事，人工智能还需要了解人，即人体科学知识。至于部件设计要用自然科学知识，认识工作环境需要社会科学等等，也不能忽略。这不是涉及整个现代科学技术体系了吗？所以未来的人工智能工作是人·机结合的一项“大成智慧”工程！

我们一旦进入这样的人工智能世界，人类也就跟着改造了，将会出现一个“新人类”，不只是人，是人·机结合的“新人类”！附上一“New Scientist”9月16日期文的复制件可参阅。

我们人民中国向此方向努力，也是为了促进实现新世界！

此致

敬礼！

钱学森

1995.10.23

注文：所附复制件是Oh Look:Ne’s Brought Me a Present一文，刊载于1995年9月16日New Scientist杂志。

选自《钱学森书信》第9卷，第359～361页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年10月29日致王寿云等六同志：
教育要大大向前发展，走向大成智慧教育

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

在第五次产业革命中，教育要大大向前发展，走向大成智慧教育，因此必须要用计算机辅助教学。附上复制件，一是讲北京景山学校的，另一个是联合国经济发展组织（OECD）讲未来教育的，供参阅。

我国也有做这方面工作的，国家自然科学基金就支持江西教育科学研究所徐章英和顾力兵研究智力工程。我想一定还有其他同志，您们一定知道。

我们要宣传教育革命！

此致

敬礼！

钱学森

1995.10.29

注文：所附复制件是《北京景山学校校长崔孟明谈21世纪的教育模式》一文，刊载于《光明日报》1995年10月25日第4版；《未来教育的发展趋势》一文，刊载于《国际技术经济导报》1995年第10期。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第135页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1995年11月29日致哲学研究所：
现代科学技术的体系包括所有通过人类实践认知的的学问

哲学研究所：

您所11月8日来信收到.以下我遵命为中国社会科学院哲学成立和《哲学研究》杂志创刊四十年提点我的看法，供参考：

我认为总结现代科学技术和文学艺术的发展，并为迎接21世纪，我们可以建立起现代科学技术的体系。这个体系包括所有通过人类实践认知的的学问，分10大部门和从每个部门概括出来并通向全体系最高概括的马克思主义哲学——辩证唯物主义；它们是：

（1）自然科学（工程技术）、自然辩证法；

（2）社会科学、历史唯物主义；

（3）数学科学、数学哲学；

（4）系统科学、系统论；

（5）思维科学、认识论；

（6）人体科学、人天观；

（7）文艺理论、美学；

（8）军事科学、军事哲学；

（9）行为科学、人学；

（10）地理科学、地理哲学。

随着事物的发展，将来还会出现新的部门和部门概括；在本世纪初人们不是认为科学只有自然科学和社会科学两大部门吗？

在这个现代科学技术体系的外围还有大量一时还不能纳入体系中的人们的认知，以及点滴实践经验。

所以我说的这个现代科学技术体系是有明确组织的，但它是随着人们的实践而不断发展的——是人们实践与认识的历史长河，永无止境。因此作为体系概括的马克思主义哲学也是不断发展并深化的。

从这个观点，我以为我国的哲学工作者有两大任务：

（一）从古人和今人的学术著作中，摘取可为我用的东西，纳入马克思主义哲学。

例如中国古代哲学就有这类精华，毛泽东同志就为我们做出了榜样。所以我曾建议您所的道家、道学专家胡孚琛同志摘取道家思想之精华，以丰富马克思主义哲学。

另外，还有国外的现代哲学家，如M.Heldegger,如：E.Husserl等也要加以研究、利用。

（二）我们也可以解放思想做一些探索，它们现在还不能纳入马克思主义哲学也无妨。如章韶华的书《宇宙精神——人类生命观引论》就被高清海教授称为是“一种精神意境”；还有任恢忠的书《物质·意识·场——非生命世界、生命世界、人类世界存在的哲学沉思》（学林出版社，1995年9月）。

以上就是我现在的认识，谨向您们请教。

此致

敬礼！

钱学森

1995.11.29

注文：钱学森后来将现代科学技术体系扩充到11个大部门，新加上的是建筑科学，其通向马克思主义哲学的桥梁是建筑哲学。

选自《钱学森书信》第9卷，第397～400页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1995年12月10日致黄顺基教授：

现代科学技术体系是以马克思主义哲学为最高概括的体系

黄顺基教授：

您12月4日来信及尊著第二章、后记稿都收到。拜读后深感您作为一位哲学家，能读那么多自然科学著作及理论，真令我十分佩服！

我同您相反，是从自然科学、工程技术走向社会科学和马克思主义哲学，所以体会不尽相同。我现在的认识是现代科学技术体系，即以马克思主义哲学、辩证

唯物主义为最高概括的体系，下面首先是自然辩证法、唯物史观、数学哲学、系统论、认识论、人天观、军事哲学、地理哲学、人学（社会论）及美学等十大部门的哲学概括。从前我把行为科学的哲学概括称为社会论，我近与钱学敏同志商量，向黄枬森教授学习，行为科学的哲学概括可以改为大家熟悉的人学。从前我说在这个十大部门体系之外还有不少不能纳入的知识及点滴经验体会，最近我想这其中还应包括我国古代的哲学思想，还有今人的哲学探索。这都在现代科学技术体系的外围，是现代科学技术体系的后备素材。

这些古代哲学思想和今人哲学探索可以称为哲学思维，也很重要。见我复任恢忠同志信，现附上其复制件及《光明日报》1995年11月23日5版高清海教授文的复制件，供参阅。任恢忠同志本职是林业工程师，他的书《物质·意识·场——非生命世界、生命世界、人类世界存在的哲学沉思》，学林出版社1995年9月出版。

我的这些想法都是外行话了，现谨陈述如上，向您请教。

此致

敬礼！

钱学森

1995.12.10

选自《中国图书评论》，1998年第1期。

1996年

1996年1月14日致王寿云等六同志：自动化科学技术走入“大成智慧”

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

我近得戴汝为同志赠浙江科学技术出版社1995年12月出版的《智能系统的综合集成》，书的作者为戴汝为、王珏、田捷。此书系《智能自动化丛书》之首册；丛书编委会由宋健同志任名誉主编，戴汝为同志为主编，编委共24人，其中有于景元同志、路甬祥同志、潘云鹤同志。浙江科学技术出版社在《出版说明》中，将此丛书与信息革命联系起来，想也是宋健同志任名誉主编的含义。由此引起我想到以下几点，写下来请诸位考虑对不对？

（一）信息革命实是产业革命，即我们说的第五次产业革命。所以宋健任名誉主编的这部《智能自动化丛书》，也可以说是一部第五次产业革命的丛书。

（二）戴汝为、王珏、田捷在丛书第一册就把一切智能系统都放在我们说的“大成智慧”和“从定性到定量综合集成法”来思考，从而把我们的理论同第五次产业革命联①在一起了。

过去几十年世界的自动化科学技术发展，形成两大块，一是由所谓软件技术发展起来，现在出现了CIMS、CAE，以至灵境技术、Virtual prototyping等等。二是所谓AI。而现在这两大块又趋于融合，都是人·机结合的智能系统。《智能系统的综合集成》自始至终都阐述了这个观点。所以几十年来自动化科学技术终于走入“大成智慧”和信息革命。这证实了第五次产业革命的到来。

（三）所以我想大家能不能把诸位正计划要写的那部书：讲开放的复杂巨系统的专著也放到宋健同志任名誉主编的丛书中去？而且诸位计划要写的那篇讲第五次产业革命的文章也正好作为书的开篇？

此意诸位如觉得有道理，也可以托于景元同志就便问问宋健同志，看宋健同志有什么意见。

以上3条，是我读了戴汝为、王珏、田捷的《智能系统的综合集成》一书想到的，也是解决出书难的问题。就写这么多，请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1996.1.14

注文：CIMS：Computer Integrated Manufacturing System，译为“计算机集成制造系统”。

CAE：Computer Aided Education，译为“计算机辅助教育”。

AI：Artificial Intelligence，译为“人工智能”。

选自《钱学森书信》第9卷，第440～442页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年1月16日致王寿云等六同志：
如何培养能适应21世纪的人才——“大成智慧教育”

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

奉上剪报复制件供参阅。

① 此“联”似为笔误，应为“连”字。——编者

朱丽兰同志是代表国家教委讲的，有权威性。张光斗同志是位老专家，多年从事水利工作和教学（也是我上海交大同级同学）。两位讲的我想我们都可以同意，只是有一个重要的问题没有讲：如何培养能适应21世纪的人才？也许朱丽兰同志认为这是国家教委的事！由此看来，我们说的“大成智慧教育”就非常重要了，还需多宣传宣传。诸位写第五次产业革命的文章时，务必把这个大成智慧问题讲清楚。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1996.1.16

注文：所附剪报复制件是：张光斗的《关于科技与教育》一文，刊载于《科技日报》1996年1月15日第1版；朱丽兰的《从面向现代化、面向世界和面向未来的高度谈科技和教育》一文，刊载于《科技日报》1996年1月15日第4版。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第195页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1996年2月8日致戴汝为同志：
把综合集成法推广到人-机结合的大领域

戴汝为同志：

您2月4日来信收到。

看了信，知道您和您的共事者们正把综合集成法推广到人-机结合的大领域，这也是实施您《智能系统的综合集成》一书讲的工作。对此我很赞同！祝您成功！

我也向瑞令同志问安！

此致

敬礼！

钱学森

1996.2.8

附上《思维与智慧》1996年1期供翻阅。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第210页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1996年2月15日致钱学敏教授：
利用一切可用的东西发展和深化马克思主义哲学

钱学敏教授：

我近得永刚带来的《新加坡联合早报》1995年12月3日“星期副刊”上您的文章，发现上面刊登文章并没有将“量智”误作“童智”；所以我前次信上说的不对，要作更正。

又近日见《光明日报》2月10日5版有文讲张世英教授的哲学观点，似即“大成智慧”。对吗？请考虑。

总之，我们要利用古今中外一切可为我用的东西来发展和深化马克思主义哲学。两剪报奉上。

春节即将来临，蒋英和我及永刚一起祝您

合家欢乐！

钱学森

1996.2.15

注文：①信中提到的“永刚”是指钱学森之子钱永刚。

②所附剪报是：钱学敏的《冷与热的结合——钱学森的艺术情趣》一文，刊载于《联合早报》1995年12月3日第3版；李瑞英采写的《哲学的最高任务——访张世英》一文，刊载于《光明日报》1996年2月10日第5版。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第214页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1996年3月3日致汪成为同志：
“大成智慧”只是人—机结合的初级阶段

汪成为同志：

我在周末读了您在中国工程院第二次院士大会上的报告：《为实现和谐的人机环境开展灵境系统的研究》，感触很深。我提的“大成智慧”只是人—机结合的初级阶段，因为人、机还没有真正合一，只是结合互补而已。这大概会持续到21世纪中叶。而从灵境系统开始的这种结合则是融合，是把人“神化”了，成为“超人”！“超人”的感受可以大到宇宙、小到微观，成“仙”！这真是人类历史的一次大革命，就如人类有了语言、文字！这将是21世纪后半叶的事。

我这一思想是胡说吗？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1996年3月3日

选自王寿云等：《开放的复杂巨系统》，第303～304页，浙江科学技术出版社，1996年12月第1版。

1996年4月2日致潘受老先生：
科技为量智，文艺为性智，曰：'大成智慧学'

潘受老先生：

前日我单位沈椿年副主任去新办事，蒙先生赐我尊作楹联，实书艺、文学珍品，令我由衷感谢！感谢先生对我的关怀！

今先生来京，我本应驱前请安，奈我年老体弱，行动不便，不能如愿了。今特乘沈副主任见先生时面交此数语，聊表我对

先生的敬意！

此致

敬礼

钱学森

1996年4月2日

注文：潘受老先生是新加坡华侨，他为钱学森书写的楹联是“量性双悟智，天人一贯才”。

选自《钱学森书信补编》第5卷，第257页，北京：国防工业出版社，2012年1月第1版。

附录：

潘受书赠钱学森的楹联：

量性双悟智

天人一贯才

并用小楷书写如下诗文：

“学森先生称：科技为量智，文艺为性智。前者逻辑思维，后者形象思维。一客观，一主观，一冷一热，交流合冶，探微发秘，灵境神游。于是宇宙间万事万物之理，可化隔为不隔，化不通为通，从而奇光异彩，随之出现。综先生指归，其

瘤痳求之之道，曰：‘大成智慧学’，是亦古人学究天人之意也。量智，天学也；性智，人学也。然自古及今，鲜有学究天人足以媲美先生者。中国今日有火箭，有导弹，有人造卫星，且视二三先进国为进步。中国今日转弱为强，具足威仪，无犯人之心，而有凛然不可犯之色。凡此，非多得力于先生之研究成果而何？五年后二十一世纪来临，先生预言人类即将生活在各种高科技飞速发展之信息时代，亦即以信息技术革命为龙头之第五次产业革命。吾知先生必更大显神通，别是一番身手。漪欤，伟哉！如先生者，吾安得不讴歌赞叹而顶礼之？东坡云：渺渺兮余怀，望美人兮天一方。太白云：生不愿封万户侯，但愿一识韩荆州。东坡之怀，太白之愿，吾于先生皆倍之，因缀五言二句，书为楹帖，奉博先生洎夫人一粲，尚乞不吝赐教，亦冀幸真有瞻风采，偿夙愿之一日耳。

乙亥冬新加坡联合早报转载钱学敏作《钱学森的艺术情趣》一文读后。

看云野叟 潘受”

摘自《西安交通大学学报》（社会科学版），2004年6月第24卷第2期（总第8期）。

1996年5月12日致黄顺基教授：

信息革命直接提高人的智能

黄顺基教授：

您5月9日来信及“第五次产业革命在社会主义中国”课题组成立会上的发言稿都收到；我学习了您的发言稿后，很受启示，所以我要向您表示感谢！

既然是成立会上的发言稿，那就还要听取课题组成员的意见；在此我也提一点看法供参考：信息革命的一个与前几次产业革命不同之处似在于直接提高人的智能，将来社会主义中国人大概都要有硕士文化水平。

祝会议成功！此致

敬礼！

钱学森

1996.5.12

选自《钱学森书信》第10卷，第046页，北京：国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年5月19日致于景元同志：
马宾老和您创立综合集成法确实是了不起的

于景元同志：

您5月7日来信关于Scientific American1995年6月期上讲complexity的文章一事，我没有立即答复。此文我是注意到的，当时我就将复制件送戴汝为同志和钱学敏同志。但没有送您复制件，抱歉！现在您在信中讲的我完全同意。我当时就认为他们的困惑在于他们总跳不出微观分析的老方法，其实他们也有如诺贝尔奖获得者Gell-Mann那样的聪明人，Gell-mann前几年就说过，研究复杂性问题要从宏观上考察其整体现象，掌握其规律。可惜在他们那里，人们不懂Gell-mann的话！

从这一点上看，马宾老和您为社会经济问题创立从定性到定量综合集成法确实是了不起的！后来的开放的复杂巨系统理论完全是从这儿来的！您二位比Santa Fe institute的那帮人高明多了！功不可没！这在历史上一定要讲清楚！在您们6位的书中必须做到！

此致

敬礼！

钱学森

1996.5.19

注文：Gell-mann：Murray Gell-Mann，默里·盖尔曼（1929—），美国物理学家，1969年因对基本粒子的分类及其相互作用的发现而获得诺贝尔物理学奖，同时也是美国圣塔菲研究所和复杂性科学研究的创始人。

Santa Fe Institute：简称SFI，译为“圣塔菲研究所”，坐落在美国新墨西哥州，是复杂性科学研究的前沿阵地。

选自《钱学森书信》第10卷，第060～061页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年5月27日致梅磊教授：
人脑与意识，人脑与智慧，问题是怎样综合集成

梅磊教授：

您5月16日信及Carl Sagan的书都收到；书我也翻看了。Sagan在美国以写科普作品出名，本职是天文学家；是他提出“外星人”的研究。

人脑与意识，人脑与智慧，看来还未见有清楚的论述。附上New Scientist近期文，可见国外的情况，各说各的，未有明确的观点！我们中国人有马克思主义哲学作指导，又有开放的复杂巨系统的概念，不该胜过他们吗？请酌。

萨根的书随函奉还。

此致

敬礼！

钱学森

1996.5.27

问题是怎样综合集成；要利用汪德堃、徐京华的工作。

注文：所附文章是：Lan Anderson,Melbourne的Mind Switch Could Help Disabled Regain Control一文，刊载于1996年5月4日New Scientist杂志；Haim watzman,Peter Albhous的Have the Mind Mappers Lost Their Way？一文，刊载于1996年5月4日New Scientist杂志；Alun Anderson,Bob Holmes,Liz Else的Zombies,Dolphins and Blindsight一文，刊载于1996年5月4日New scientist杂志。

选自《钱学森书信》第10卷，第075页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年6月12日致钱学敏教授：建立大成智慧和大成智慧工程需要开阔的思路

钱学敏教授：

读了您6月2日来信后，知道您对“夏商周断代工程”也有很高的评价。我曾为此去信给宋健同志祝贺他办了件综合社会科学、自然科学和技术的大事！将来成果出来了，我们再看是否属大成智慧工程，现在还太早。

至于新儒学，我近读黄楠森教授在《文艺理论与批评》1996年3期文《马克思主义哲学与中国文化的发展》，很同意。现复制送上，请参阅；可与《现代新儒学心性理论评述》比较。

要建立大成智慧和大成智慧工程需要有开阔的思路。前日奉上那本山水城市的书，其编者鲍世行和顾孟潮就是我的老师；前一位是城市科学行家，后一位是建筑学行家。我同他二位接触就受益良多。不久前同他们面谈（6月4日下午），我们想到可能要确立一门新的科学技术——建筑科学，这是一门融合科学与艺术的大部门：其基础科学层次包括讲建筑与人、建筑与社会、建筑与技术手段的学问，目前顾孟潮同志称为“建筑哲学”；其技术理论层次才是现在的建筑学、城市学等等；其工程技术层次是现在的建筑设计、城市规划等。上面的部门概括和到马克思主义

哲学的桥梁才是真正的建筑哲学。那天我们谈得很开心，这是现代科学技术体系中的第十一个大部门了。此议您以为如何？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1996.6.12

选自《钱学森书信》第10卷，第089～090页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年7月7日致戴汝为同志：现代科学技术体系是我们经过实践经验的累积

戴汝为同志：

您7月1日来信及大作稿《从现代科学技术体系看今后智能系统的工作》都收到。

先谈您文稿2页那张体系图的问题：（1）行为科学的哲学概括已和钱学敏同志商定改用现在我国哲学家们喜欢用的“人学”；而这也是声明“人学”要用马克思主义哲学为指导。（2）建筑科学的哲学概括暂用“建筑哲学”，有待今后建筑家们和城市规划专家们定。

这也说明这张表不是我一个人搞的，是集体创作。我在80年代首次在中共中央党校讲课时只把原来人们心目中的自然科学和社会科学两大部门扩展到8个，加上数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学和文艺理论。过了几年才加上地理科学、行为科学。今年6月4日才提出建筑科学的设想，而这还是受到台湾叶树源教授《建筑与哲学观》一书的启示；后来又与建筑专家顾孟潮同志和城市规划专家鲍世行同志谈过，请大家研究。这都说明这个现代科学技术体系是我们经过实践经验的累积，用马克思主义哲学作指导总结出来的，是毛主席《实践论》的结果。也是不断发展的。

现在有了计算机信息网络，那我们就该

1）用这个现代科学技术体系来建立这一信息网络；

2）人要用这一信息网络，达到运用自如，真正成为人·机结合的“新人类”。

这样回顾人类的历史，我们就感到第五次产业革命的伟大意义！智能系统的建立及运用就如人开始有了语言文字！

以上供您加工您论文初稿时参考。

此致

敬礼!

钱学森

1996.7.7

选自《钱学森书信》第10卷，第122～124页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年7月14日致戴汝为同志：
人·机结合大成智慧学是世纪任务，非常重要

戴汝为同志：

您7月9日信及冯承柏《美国的信息社会理论与中国的现代化》都收到。我读后也有点想法：

（1）冯教授似乎还没有能用马克思主义哲学来看问题。照这种观点，那我们在20世纪50年代后期就开始搞的两弹一星是不应该的了。

（2）冯教授也没有重视信息技术对人的影响，没有强调大成智慧的人·机结合是会出现“新人类”。

（3）“新人类”当然要造就“新社会”，所以是社会结构的变革，脑力劳动者将大大增加，体力劳动者会相对减少。今天发达国家的失业率不是在经济有增长的情况下，而减不下来吗?

（4）我要敢于创新，用第五次产业革命来推动中国的社会主义建设。

由此看来，您和您的助手在搞的人·机结合大成智慧学是一项世纪任务，非常重要!

以上对不对？请教。

此致

敬礼!

钱学森

1996.7.14

又：冯教授文及此信复制件也送钱学敏同志。

选自《钱学森书信》第10卷，第130～131页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年7月14日致钱学敏教授：
大成智慧和大成智慧工程还需要深入研究和宣传

钱学敏教授：

近日我收到鲍世行同志寄来6月20日座谈会材料，我才知道您也去参加了并做

了发言。您还讲了您对现代科学技术体系的第十一大部门、建筑科学的看法。此会中其他发言您也听了，好像还都是赞成的。其实我提出第十一大部门是强调马克思主义哲学的指导，不能跟着洋人跑，也不能迷于中国古代皇宫、富家园林、北京四合院、江南水居……，现代社会主义中国要有新时代的建筑、新时代的城市。对此，您已开始协助我，请继续合作。

再一件事是戴汝为同志在本月初去天津南开大学，见到该校搞美国史的冯承柏教授，谈到信息革命和第五次产业革命，并得到论文《美国的信息社会理论与中国的现代化》。文中提到我们的观点，但我看他的理解还不够，故写信给戴汝为同志；现奉上冯承柏文和我给戴汝为同志信的复制件，请阅。我认为大成智慧和大成智慧工程的概念还需要深入研究和宣传，这是我们面临的事，第五次产业革命现已开始了。在21世纪，人口中从事脑力劳动的将上升，人口中从事体力劳动的会下降，我们的社会主义中国要有预见并作好规划。

就这么几件事要说。长彬教授好吗？

此致

敬礼！

钱学森

1996.7.14

选自《钱学森书信》第10卷，第133～134页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年7月21日致钱学敏教授：
大成智慧是我们近年来工作的核心

钱学敏教授：

您7月15日、16日两封信及那篇万余字的大作稿都收到。我读后深感您辛勤写作阐发我们的研究，真是功不可没！下面我提点想法供您考虑：

文章中既然引用了那张现代科学技术体系表，又说到"建筑科学"，那就应该将建筑科学加进现代科学技术体系表；改10大部门为11大部门，说明随着我们实践认识的发展，这个体系也会发展。何况建筑科学这个大部门明显是科学与艺术的结合。目前这一大部门中的现实问题很多（见附上的剪报复制件），要用马克思主义哲学来推进其解决。这点意见我也向鲍世行同志与顾孟潮同志讲了。

还有一个更大的问题是"大成智慧"。您是否在那本《现代科学技术体系与大成智慧学》书中讲透了？我现在想，大成智慧是我们近年来工作的核心，第五次产业革命和科学技术体系的形成造成人·机结合的思维体系，以致要求人人18岁达到

硕士水平。这是“新人类”了！而社会也将改观、改组，这一点一定要宣传好！中国共产党领导的社会主义要领先开步走上这条大道！能不能在建党一百周年开始？这才是头等大事！

以上请示。

文稿送还。

此致

敬礼！

钱学森

1996.7.21

注文：所附剪报复制件是：丛亚平的《“立体音符”的困惑——关于建筑与文化的思考》一文，刊载于《经济参考报》1996年7月17日第7版；《经济参考报》记者巩彭生、邹紫金采写的报道《人居问题仍是中国的大事》，刊载于《经济参考报》1996年7月18日第1版。

选自《钱学森书信》第10卷，第143～144页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年7月23日致吴义生教授：人·机（计算机）结合的信息体系才是大成智慧的深远意义

吴义生教授：

您7月18日来信及附件都收到。

（一）对“大成智慧学——兼论科学技术的体系与结构”，我在几天前已去信钱学敏同志讲到这件事。我认为一定要联系到正在兴起的信息网络，实际上人的思维已扩展为人·机（计算机）结合的信息体系，人将成为“新人类”。社会结构也将起变化，是新的社会革命，即第五次产业革命。这才是大成智慧的深远意义！此意请您3位考虑。

（二）您那位学生要用那篇《光明日报》刊登的谈话记录作他的书的代序，我同意；请代我告他。

此致

敬礼！

钱学森

1996.7.23

选自《钱学森书信》第10卷，第151页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年8月11日致钱学敏等二同志：
“大成智慧”的人，工作适应能力很强

钱学敏同志、涂元季同志：

我读了钱学敏同志7月29日来信后，一直在想着那个“大成智慧”问题和社会主义中国的21世纪新长征！前日读《人民日报》8月9日12版李延国的《扬起新长征的风帆》，很受鼓舞！我们面对国外国内少数阶级敌人，他们搞“分化”、“西化”！而国内又有很多人对社会主义市场经济不了解，不少人胡作非为！我们正在开始又一次新的长征！故奉上李延国文剪报复制件Ⅰ供参阅。

我们的设计是人人4岁入学，18岁大学毕业为能运用信息网络、作人·机结合的思维的“硕士”。如果工作50年到68岁退休，平均活到85岁，那工作50年的人，要负担18+17=35年别人的生活；平均1个工作的人负担0.7个别人的生活，这在21世纪社会主义中国应该是可以做到的。“大成智慧”的人工作适应能力很强，完全能乘风破浪！

这方面的情况见另7个剪报复制件Ⅱ。

与1996年这个的实际情况相比，人的工作效率可以几倍、十几倍地增长！

这将是又一次社会革命！

我现在看：我们说的第一次产业革命引发了人类的社群组织，这是一次社会革命。这种社会性质到第二次产业革命，出了封建社会，规模扩大了，但没有本质的区别。所以这一段几千年的历史可以说是人类社会的第一个时代。

真正改变了社会的是第三次产业革命，出现了资本主义制度。接下去到了第四次产业革命，只是资本主义经济扩大了规模，没有本质的改变。这可以说是人类社会的第二个时代。

这样看现在已经开始的第五次产业革命是划时代的，它也促进了第六次产业革命和改造人体以适应社群需要的第七次产业革命；这才是人类社会的第三个时代！我们要研究如何迎接这个新时代！马克思、恩格斯、列宁、毛泽东、邓小平都是我们的老师，我们要无愧于我们的老师！

贝多芬用音乐迎接了人类社会的第二个时代。我们现在不该开创新音乐和新文艺来迎接人类社会的第三个时代吗？（手段是有的，即计算机音乐、计算机动画（见剪报复制件Ⅲ）。灵境技术等）。

想到这个前景，我们该感到兴奋吧！

此致

敬礼！

钱学森

1996.8.11

注文：所附剪报复制件是：李延国的《扬起新长征的风帆》一文，刊载于《人民日报》1996年8月9日第12版；《电脑说起普通话，人机对话成现实》一文，刊载于《经济参考报》1996年7月10日第四版；《日本制定脑科学研究计划》一文，刊载于《科技日报》1996年7月10日第3版；《日计划开发超高速并行计算机》一文，刊载于《科技日报》1996年7月15日第3版；《下世纪需要全面发展的新型人才》一文，刊载于《科技日报》1996年7月24日第3版；《日本拟花重金开展脑研究》一文，刊载于《参考消息》1996年7月25日第7版；《环球办公》一文，刊载于《参考消息》1996年7月25日第7版；《玩具总动员——电脑向人发出挑战》一文，刊载于《科技日报》1996年7月11日第8版。所附其余剪报复制件恕不能提供线索。

选自《钱学森书信》第10卷，第164～167页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年8月14日致戴汝为同志：
认识世界要把细部观察研究与整体考察结合起来

戴汝为同志：

您8月8日来信、附页及成中英先生文都收到。

我想成先生不讲马克思主义哲学、辩证唯物主义，也不提毛主席的《实践论》，当然说不清问题。人对世界的认识也限于当时的方法：古代没有现代科学手段，只能通过宏观观察，所以是整体观方法。现代科学家能作细部观察研究，又成了各搞各的，忘记宏观系统了。马克思主义哲学、辩证唯物主义解决了这个缺点，我们认识世界要辩证地把细部观察研究与整体考察结合起来，既自下而上也自上而下。我们的从定性到定量综合集成法不就是如此吗？成中英先生在美国夏威夷大学，当然不会这么讲；这篇《论中国哲学的综合创造与创造综合》是在中国印发的吗？

我们一定要记住马克思主义哲学、辩证唯物主义！

另附上江西省思维科学学会编的《探索思维奥秘》一书，是59页《关于动物脑与人脑的猜想及其与电脑的比较》文的作者徐章英、顾力兵寄给我的。供参阅。

请向詹大姐代我问安！

此致

敬礼！

钱学森

1996.8.14

选自《钱学森书信》第10卷，第171～172页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年8月18日致戴汝为同志：
人与信息网络结合，真是社会思维了

戴汝为同志：

日前我得到哈尔滨理工大学（哈尔滨市南岗区学府路52号西区38信箱，邮码150080）曾杰同志寄来他与张树相合写的、人民出版社出版、《社会思维学》，现奉上请审阅。

我翻看后感到他们似乎没有从思维创造上讲清社会思维的意义。人是怎么认识客观事物的？毛泽东同志的《实践论》讲得最清楚：是一个辩证综合过程。一个人不如一个群体的实践经验丰富，所以社会思维非常重要。在现在已经开始的第五次产业革命，人与信息网络结合，真是社会思维了。人·机大结合！前景诱人呵！

此意当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1996.8.18

选自《钱学森书信》第10卷，第174～175页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年9月1日致钱学敏等二同志：
要通过现代科学技术体系来达到大成智慧

钱学敏同志、涂元季同志：

钱学敏同志8月26日给我的信已收读，现在涂元季同志也已返京，您二位即将和吴义生同志商谈，故写此信请二位考虑。

我读了学敏同志同学方克立院长的文章后，也很有所感：方院长是位马克思主义哲学家，这个方向完全正确，但他似乎对社会情况，即客观实际以及整个研究客观实际（包括人自己在内）的学问未下功夫。我们想：恩格斯为了写《自然辩证法》曾下了很大功夫学习那时代的自然科学；列宁为了写《唯物主义与经验批判主义》不也是如此吗？我们应该向恩格斯、列宁学习，要通过现代科学技术体系来达到大成智慧。不然怎么能称“大成”，又怎么能得“智慧”！

当然现代科学体系浩如烟海，恩格斯、列宁用的一个人下功夫的方法，现在不

够用了，要用从定性到定量综合研讨厅（含信息网络及计算机体系）才行！必须集众人的智慧！所以我钱学森一个人是渺小的，沧海之一粟而已！

所以钱学敏同志信中第二段讲的我真不敢当！大成智慧要大家来努力创造！

以上请你们考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1996.9.1

选自《钱学森书信》第10卷，第195～196页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年9月6日致戴汝为同志：我国当前的学术讨论发挥民主集中制不够

戴汝为同志：

您9月1日来信收到。我想核心问题在于如何认识人与客观（包括人自己、自己的脑）的关系，也就是毛主席的《实践论》，人与客观的相互作用是无止境的！所以，所谓理性主义是机械唯物论，所谓非理性主义是唯心主义，都不对，片面了！我们应该是《实践论》的辩证唯物主义，人脑的能力也是不断发达的。

人·机结合是强调机器可以帮助人，人也可不断改进机器，历史不就是这样？现在人创造了电子计算机，又把脑活动测量直接输入电子计算机，是个重要改进；但您的学生胡笑平还是人·机结合！

我想所谓“认知科学”是不赞同我们的上述观点的，所以我们用思维科学这个词，以示区别。认知科学英文是cognitive science，思维科学英文可用noetic science。外国人要接受辩证唯物主义恐有困难，所以我想也不能勉强他们，但我们不能让步，这是原则问题！当然我们在对待他们要礼貌、讲道理。

我国当前的学术讨论发挥民主集中制不够，那位成中英可能也缺乏社会思维的实践体会，所以书写得不太好。

就写这么多吧，祝您访欧成功！

此致

敬礼！

钱学森

1996.9.4

选自《钱学森书信》第10卷，第198～199页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1996年9月15日致鲍世行同志：

建筑科学是自然科学、社会科学和艺术的三结合

鲍世行①同志：

您9月5日来信及稿费200元都收到，《东方视角》杂志②想也即日可见。

经过大家的共同努力，山水城市及建筑科学的确受到重视。这是我深有体会的：早些时候我曾提出要建立地理科学大部门，并列于自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、行为科学与文学艺术9大部门，形成现代科学技术体系的10大部门；但除了少数人之外，反应不很强。但这次提出建筑科学大部门却引起大家的支持，山水城市也如此。什么原因？这是我们该好好反思的。

我想可能有两方面的原因：

1.居室及工作环境是人们都有日常体会的。您信中说的群众对您广播讲话的反应不就是这样吗？而地理环境却不是群众都有切身体会的。

2.从科学大部门来看（这是学者们重视的）地理科学只是自然科学与社会科学的交叉结合，而建筑科学则是自然科学、社会科学和美术艺术的三结合，更复杂高超！

从这两方面体会建筑科学和其哲学概括——建筑哲学的意义，令人感到构筑建筑科学这一现代科学技术体系的第11个大部门的重要，这是中国建筑界城市科学界的历史任务！我们要以马克思主义哲学来指导，用建筑科学建立21世纪社会主义中国人居环境！

我这些想法对不对？请您指教。您也可以同顾孟潮同志谈谈，我也向他请教。

此致

敬礼！

钱学森

1996年9月15日

---

① 鲍世行（1933—　），男，浙江绍兴人，50时年代毕业于北京清华大学建筑系，长期从事城市规划工作，是我国资深城市规划工作者，现为研究员、教授级高级城市规划师；后调中国城市科学研究会，任副秘书长，主持常务工作，从事城市科学理论研究。主要编著有《城市规划新概念新方法》等十多部。

注释：①信收入杨永生主编《建筑百家书信集》，中国建筑工业出版社，2000年3月，第129页。

②指《东方视角》1996年第2期，内有1996年6月4日钱学森会见鲍世行、顾孟潮、吴小亚时的讲话。

附录：1996年9月5日鲍世行致钱学森的信

尊敬的钱老：

现寄上《东方视角》1996年第2期（另寄），内有6月4日您会见我们的讲话。另汇上稿费200元，请查收。

有一事要向您汇报。中央人民广播电台（630、720、855kHz）于8月30日11：00—12：00邀请我在"专家热线"节目中主讲：城市发展新模式：山水城市，主持人是周正，由于我们两人配合默契，取得了较好的效果，在一个小时的时间里，先由我介绍"山水城市"，主要讲了三个方面内容：（1）山水城市讨论的实质；（2）山水城市的内涵；（3）山水城市讨论的时代背景。然后由主持人提问，展开讨论。播出过程中还不时有听众打来电话参与讨论。他们提出的问题有关于北京的交通拥挤，居住、工作地点分离，上下班不便；和一些城市填河填湖影响生态平衡等等，看来山水城市确实是贴近群众的话题，只是由于时间太短未能广泛展开讨论，最后我给大家出了两个题目（这是节目统一要求，称"专家考考您"）：（1）山水城市讨论的实质是什么？（2）钱学森同志提出山水城市构想，是要把中国传统文化与现化城市发展结合起来，那么这些传统文化包括哪些内容？

广播是影响极为广泛的一种大众传播，通过这次活动我深深感到"山水城市"这个崭新的概念正在逐步地为广大群众所接受，产生深刻的影响。这主要是由于您近年来以科学家的敏锐和胆识提出了种种高屋建瓴的见解，已极大地推动了学科的发展，同时由于您的巨大威望，也正在推进社会各方面对学科的理解和认同，使专家的研究与群众的实践广泛地结合起来。我相信一种新的学说只有为人民所理解和接受才能产生无比的力量，唯有如此建设具有中国特色的未来城市模式——山水城市的实践才能在华夏大地实现。

专此，敬祝

秋安！

鲍世行

1996年9月5日

选自鲍世行、顾孟潮编著：《钱学森建筑科学思想探微》，第253～254页，中国建筑工业出版社，2009年5月第一版。

1997年

1997年2月27日致戴汝为同志：
我们的确有信心发动“第二次文艺复兴”

戴汝为同志：

您2月20日信收读。几个问题分别作答如下：

（一）我不认得Murray Gell-Mann，我在Caltech时，兴趣不在基本粒子物理，所以没有接触。前几年在美国期刊上读知他兴趣甚广，但现在看，他就缺马列主义！重要的是实践；猜想要基于对对象巨系统的了解，不是胡猜！我们对SFI这帮人要批判地接受，取其长，避其短！

（二）张涛同志要编书，能否就用我在68次香山会议上那个简短的发言？那已说明复杂巨系统要害所在了。

（三）在毛泽东同志和邓小平同志思想指导下的中国科技工作者是了不起的！我们的确有信心发动“第二次文艺复兴”，此意也可先在您的《自然杂志》文章讲讲，但文稿要不要同另4位商量商量？请酌。

（四）“开放的复杂巨系统”是长了点，而“复杂性”又太短，说明不了问题。用“复杂巨系统”行不行？请考虑。

此致

敬礼！并向瑞令同志问安！

钱学森

1997.2.27

选自《钱学森书信》第10卷，第253～254页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年3月8日致戴汝为同志：
综合集成法和研讨厅是结合形象思维和逻辑思维

戴汝为同志：

您3月4日来信及《复杂巨系统科学——一门21世纪的科学》文稿都收到，谢谢！

三个问题，请酌：

（1）那位Zhu博士（朱博士）联系上了，很好，便于您了解SFI的工作。但对

这帮资本主义学者不可迷信，因为我们的思想是根于马列主义辩证唯物主义的，实事求是，不空想！

（2）对那个老定义的确需要改进。对于系统的多变，不要认为是其不确定性，子系统的行为与它所处的环境有关；这样系统环境影响子系统，而子系统行为又影响系统，所以是高度非线性的。所以复杂性离不开系统，只说复杂性不够，要用系统；而且因为用了宏观方法，故称复杂“巨”系统。

（3）“第二次文艺复兴”是指第五次产业革命、第六次产业革命和第七次产业革命后，体力劳动将大大减轻，人们将基本上转入脑力劳动、创造性劳动，从而人类文化发展将空前加速。我们研究这个题目是为了全人类。

文稿我留下了。

此致

敬礼！

钱学森

1997.3.8

又：我们的综合集成法和研讨厅体系是同时结合形象思维和逻辑思维，因而是创造思维的好范例。

选自《钱学森书信》第10卷，第258～259页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年3月16日致钱学敏教授：
现代科学技术体系表是把哲学论述放在那周围

钱学敏教授：

您3月8日信及冯契著四册都收到，我很受鼓舞：有您这样一位哲学家参加我们这几个人的集体，真是大幸事！

我建议的那张现代科学技术体系表，是把古今中外的哲学论述都放在那周围，作为有希望进入核心的素材。我们不已经吸收了“人学”、“量智”、“性智”吗？这只是开始，一定还有其它，请您物色。我们是辩证唯物主义者，要学列宁、学毛泽东、学邓小平，不断开拓大成智慧！您以为如何？请示。

蒋英和我都向您和长彬教授问好！

此致

敬礼！

钱学森

1997.3.16

选自《钱学森书信》第10卷，第261页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年4月6日致钱学敏同志：
这是我们观点的要害：必集大成，才能得智慧

钱学敏同志：

近一个时期我一直在翻阅您送来的冯契教授著的四本书，也在思考“大成智慧学”。我也翻看了吴国盛主编的《自然哲学》。

我想我们宣传的“大成智慧”与他们不同之处就在于微观与宏观相结合，整体（形象）思维与细部组装向整体（逻辑）思维合用；既不只谈哲学，也不只谈科学；而是把哲学和科学技术统一结合起来。哲学要指导科学，哲学也来自科学技术的提炼。这似乎是我们观点的要害：必集大成，才能得智慧！此意如何？请教。

为此我又把上述五本书送还到您处。

还附宋健同志托于景元同志转来的一篇台湾江才健先生文，请阅。

就写到这里。

我向长彬教授问好！

此致

敬礼！

钱学森

1997.4.6

选自《钱学森书信》第10卷，第275～276页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年4月9日致王寿云等六同志：
“知识经济”这一问题与发展大成智慧有关

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

我近见《科技日报》1997年4月9日3版文，是讲“知识经济”的；实际是讲科学技术是第一生产力。但又未提出第四产业的概念。

国家科委综合司和科技日报国际部为此还联合举办了知识经济研讨会，所以我们也要跟上，故奉上剪报复制件请参阅。

这一问题又与发展大成智慧有关，请考虑。

此致

敬礼!

钱学森

1997.4.9

注文：所附剪报复制件是《知识经济——21世纪经济主流》一文，刊载于《科技日报》1997年4月9日第3版。

选自《钱学森书信》第10卷，第281页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年4月27日致王寿云等六同志：
这种对世界的认识也是大成智慧

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

我近接于景元同志4月17日来信（内有他同日给宋健同志的信复制件），早几天我也接到戴汝为同志来信，也是讲这个问题：要把开放的复杂巨系统研究作为科教兴国的重要前沿领域。对此我很同意。现将于景元同志来件奉上，请考虑。

另外，近日在《参考消息》和《参考资料》上讲所谓“宏大产业时代”的材料，现也复制奉上请阅。

关于“宏大产业（Macroindustrial）”的概念，我认为实是讲人类社会的社会革命，即人类进入世界大同的时代。所以并不是产业革命，泽伊搞错了！它是以第五次产业革命（信息革命）、第六次产业革命（农业产业化）、第七次产业革命（人民身体和智力的提高）为基础的，将来还可能有从分子水平设计的结构（即所谓Nano technology）为基础的第八次产业革命。这一概念我记得我们在过去通信中讲过。这种对世界的认识也是大成智慧。这也请诸位考虑。

此致

敬礼!

钱学森

1997.4.27

注文：所附复制件是《人类社会正在进入宏大工业时代》一文，刊载于《参考消息》1997年4月4日第1版。

选自《钱学森书信》第10卷，第290～291页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年6月29日致方福康教授：
多位专家和系统模拟工作者和计算机综合成为一个有智能的体系

方福康[1]教授：

您6月12日来信及尊著“Complexity and Self-Organnization in Social and Economic Systems”都收到，我十分感谢！

读了您的信和翻阅了尊作，我初步有个看法，谨向您报告如下：

您的三个投影已包括在从定性到定量综合集成法，而且是一气贯串集成。这在综合研讨厅体系中尤为明显，多位专家和系统模拟工作者（这是人）和电子计算机（这是机）综合成为一个有感觉、有智能的体系。这是分立的人、计算机所做不到的，是社会主义中国的特长。

此意请酌。

我也同时请我的合作者于景元同志和戴汝为同志读您来信及尊著，他们也会向您报告他们的意见。

此致

敬礼！

钱学森

1997.6.29

选自《钱学森书信》第10卷，第298页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年6月30日致戴汝为同志：
复杂性是开放的复杂巨系统的特征，不能用还原论方法

戴汝为同志：

我一直在读李夏和您写的《复杂性、概念系统的结构和知识发现技术》，我想我们提出的从定性到定量综合集成法及综合研讨厅体系（包括专家集体和设备）就是您们说的知识发现技术了。

您5月18日信中提到文中对社会科学的一些说法可能是错误的；的确如此。文

① 方福康（1935—　），男，浙江省定海县人；1956年毕业于北京师范大学物理系，获比利时布鲁塞尔自由大学物理学博士学位，师从普里戈金；曾任北京师范大学教授、物理系主任、校长和国务院学位委员会委员、全国政协委员等职；承担多项国家自然科学基金重点、重大项目，著作多部、论文百篇。

中批评的是唯心主义的社会科学，而马克思主义的社会科学就不是如此的。马克思主义是辩证唯物主义。我们的从定性到定量综合集成法正是用了辩证唯物主义为指导的。

什么叫复杂性？我们现在可以说：复杂性是开放的复杂巨系统的特征。对它不能用还原论的方法；还原论方法只能在简单巨系统有效。复杂性来源于子系统种类多，而且子系统的行为又依系统的子系统形成的环境来定，高度的非线性关系。

根据对此特征的认识，马宾老和于景元早在十多年前就提出了“从定性到定量综合集成法”。他们不但认识了、正确认识了复杂性，而且设计了一套有效的方法。这是Santa Fe Institute他们没有做到的！

5月19日至23日有第73次香山会议，主题是脑科学，您和李夏同志去了吗？

此致

敬礼！

钱学森

1997.6.30

选自《钱学森书信》第10卷，第299～300页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年7月3日致王寿云等六同志：
综合集成法和综合研讨厅就是“知识发现技术”

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

我近读李夏和戴汝为写的《复杂性、概念系统的结构和知识发现技术》，对开放的复杂巨系统又有了些想法，现报告如下，供诸位考虑，您几位可以再合写一篇文章。

一、巨系统不同于大系统。大系统可能有几百个上千个成员，也比较复杂，但仍可以用计算机从一个个子系统成员的行为综合，得出整系统的行为。巨系统则子系统太多，上百万、亿万，只有用宏观统计来处理整个系统的行为。

二、简单巨系统与复杂巨系统。简单巨系统是说系统的成员大致相同，可以用早在100多年前就发展起来的统计力学方法，像不均匀气体理论那样来处理。复杂巨系统则不然，其每个成员既参与整个系统的行为，它又受整个系统环境的影响，形成复杂的相互作用，高度非线性；这就是“复杂性”。

三、“复杂性”并非混沌或混沌临界态。混沌有“奇异吸引子”在系统的相空

间；而“复杂性”可没有“奇异吸引子”在系统的相空间。

四、我们的从定性到定量综合集成法和综合研讨厅体系就是所谓“知识发现技术”。

五、以上所述似比Santa fe lnstitute的那群人要高明些，更一针见血。我们的成功在于开发了人·机结合的方法，而人·机结合不正是21世纪的科学方法吗？

此致

敬礼！

钱学森

1997.7.3

选自钱学森著：《创建系统学》，第542页，山西科学技术出版社，2001年11月第1版。

1997年9月4日致戴汝为同志：
Virtual reality用古语的“灵境”更确切

戴汝为同志：

您的文章《复杂巨系统科学——一门21世纪的科学》我在《自然杂志》1997年4期上见到了。

我读后有两点小意见，即

（1）这一工作实际的开创者是马宾和于景元，我们1990年初的那篇文章只是其进一步深入。

（2）在“大成智慧”那一章中，您把virtual reality称为“临境”，而汪成为同志的专著和我的文章中用“灵境技术”，一字之差！原因是virtual reality不是实际事物的观察，而是虚拟的、想象的，所以用我国古语的“灵境”更确切。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1997.9.4

选自《钱学森书信》第10卷,第314页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1997年10月2日致王寿云等六同志：
它也与我们一直在宣传的综合集成法有关

王寿云同志、于景元同志、戴汝为同志、汪成为同志、钱学敏同志、涂元季同志：

我近见《哲学研究》1997年8期一篇讲还原论与整体论的文章，感到很好；它也与我们一直在宣传的综合集成法有关，故奉上其复制件，请阅。

此致

敬礼！

钱学森

1997.10.2

选自《钱学森书信补编》第5卷，第352页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1998年

1998年1月2日致戴汝为同志：
SFI这帮人就找不到从定性到定量的综合集成法

戴汝为同志：

附上于景元同志、汪成为同志近日来信请阅，是交流情况。

近一个时期我一直在翻看M.盖尔曼的《夸克与美洲豹》一书，我深感这位诺贝尔奖获得者并没有深入到解决复杂性问题，他没有提出处理开放的复杂巨系统的方法。他只是从一位理论物理学家的观点来试图解释客观世界（特别是自然界）的复杂现象，只定性不定量；所以观点太不全面，似是而非。前一阵子，在美国就有人批评他们SFI这帮人是“from complexity to prolixity！”看来他们的缺点在于：

（1）只从自然科学观点人手，没有从社会科学、系统科学、行为科学、地理科学等多方面来考虑复杂现象；

（2）也没有认真深入考察人体科学，而正是在这里还原论的方法之局限性表现得很突出；

（3）也因此他们就找不到从定性到定量的综合集成法。

以上观点请考虑。书也奉还供您使用。

我也想我们的方法是深得益于马克思主义哲学的，资本主义世界的科学界可能认为我们是不科学、他们才是科学！世界观的问题啊！

最后我还是补充一句，从定性到定量的综合集成法源于马宾同志，他的功劳不可忘记！

此致

敬礼！

钱学森

1998年1月2日

选自《钱学森书信》第10卷,第341～342页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1998年1月10日致钱学敏教授：
“大成智慧”及“现代科学技术体系”有待宣传

钱学敏教授：

您来信早收到，看来“大成智慧”及“现代科学技术体系”尚待向社会宣传，您们在写的书是很重要的。

我近接中国科学院路甬祥院长来信及他的三篇文章，现奉上供参阅。他的“知识经济”似即我们近年来在宣传的“第四产业”，不知您以为如何？

我要向长彬教授问安！

此致

敬礼！

钱学森

1998.1.10

选自《钱学森书信补编》第5卷，第359页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1998年1月19日致梅磊教授：
研究人的大脑要用从定性到定量的综合集成法

梅磊教授：

好久未通信了，您好？我首先要向您拜个晚年，并祝您全家新春快乐！

近些年来我们一直认为人的大脑是一个开放的复杂巨系统，不能用处理简单系统的分析计算方法，要用从定性到定量的综合集成法。但可能很难说服我国的大多数脑科学家。

现在好了，国外也有几位脑科学家在宣传人脑的整体观点，见附上英国New Scientist1997年12月13日期26—30页文的复制件。

此意如何？请教！

此致

敬礼！

钱学森

1998.1.19

注文：所附复制件是John McCrone的Wild Minds一文，刊载于1997年12月13日New Scientist杂志。

选自《钱学森书信》第10卷,第347页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1998年3月8日致戴汝为同志：

发挥人思维和信息网络的优势，结合成大成智慧

戴汝为同志：

您在今年写给我的三封信（1月5日、2月22日、3月1日）早收到，因我从2月24日到3月4日住进301医院作例行体检，所以复迟了，请恕！体检很顺利，都通过了，所以也请释念！

（1）传统的人工智能没有认识到人体和人脑都是开放的复杂巨系统，所以把计算机能做的事太夸大了。我们的想法是实事求是，要充分发挥人思维和信息网络的各自优势，要把二者结合成大成智慧。因此我赞成您2月22日信中的意见。

（2）3月3日信提到的那位E.Rechtion，因我从1946年到1949年在MIT 工作，所以记不起这位先生了。

此致

敬礼！

钱学森

1998年3月8日

选自戴汝为著：《社会智能科学》,第251页，上海交通大学出版社,2007年1月第1版。

1998年3月15日致路甬祥院长：
“由定性到定量综合研讨厅体系”是国外没有的

路甬祥院长：

您3月9日信及尊作《科学的历史经验与未来》都收读。我有几点看法写在下面供您考虑：

（一）是“知识经济”还是“科技经济”？按毛泽东同志《实践论》的观点，经济活动历来要靠由实践获得的知识，所以经济都是“知识经济”。而现在则是“科学技术是第一生产力”，不只是“知识经济”，而是“科技经济”。

（二）今日世界既是国际交流的，又是国际竞争的；因此我们今天搞科技工作，必须讲策略。

（三）要发挥我们的优势，我们有马列主义、毛泽东思想、邓小平理论为指导，又有中国人几千年文明的智慧，我们要敢于创新，不迷信洋人！

（四）由此看来，我国的科学技术界要向我国的外交工作学习，要打胜仗。

我也可以举一个近日的例子来说明：不久前中国自然科学基金会管理科学部批准了由戴汝为院士及于景元同志同志申请的“由定性到定量综合研讨厅体系”研究，这是国外没有的。在美国Santa Fe Institute多年来也在搞所谓complexity（即开放的复杂巨系统）研究，但他们没有辩证唯物主义做指导，不能解决问题。如您对此有兴趣可找戴汝为院士（自动化研究所）谈谈。

此致

敬礼！

钱学森

1998年3月15日

选自《钱学森书信》第10卷，第358～359页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1998年3月30日致钱学敏等四同志：
“大成智慧”是人·机结合的智慧

钱学敏同志、涂元季同志、于景元同志、戴汝为同志：

我收看了钱学敏同志送来的信、于景元同志给她的信及材料，有以下几点意见，请考虑：

我不是您几位编的此书作者，编者是您4位，此书的序，不能再用“代序”，该由4位另写，说明编书的思想，这是负责。

再一点是“大成智慧”是人·机结合的智慧，学生从小就用信息网络：4岁入学，十年一贯制，14岁高中毕业，而且可以达到今天大学二年的水平；再读新大学4年，18岁硕士水平。到那时人人都是脑力劳动者，改行也只需一个星期就行了。这是中国的21世纪下半个世纪？

所以关键是科学技术体系及信息网络。

此致

敬礼！

钱学森

1998.3.30

选自《钱学森书信补编》第5卷，第364页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

1998年6月17日致戴汝为同志：“素质教育”是培养学生的思维方法，提高智力

戴汝为同志：

我谢谢您6月10日给我的信。

我们现在讲“素质教育”的关键是培养学生的思维方法，提高智力。因此一方面要在理论方面研究思维科学，而另一方面也要从经验总结出艺术在教育中的重要性，您4位在写的大成智慧一书，其核心也在于此。聪明来自艺术与科学的结合。此意如何？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1998年6月17日

选自戴汝为著：《社会智能科学》,第251页，上海交通大学出版社,2007年1月第1版。

1998年7月4日致戴汝为同志：复杂巨系统只有用从定性到定量的综合集成法

戴汝为同志：

您6月29日来信收到。

（1）研究问题的集体讨论，必须民主，并在此基础上由会议主持人最后作一小

结：解决什么，还没有解决什么。“香山科学会议”做到了吗？这就是“民主集中制”。

（2）我记得我们以前在交谈中和信件中提到过这位司马贺先生。他和SFI的那帮人提出的复杂系统和复杂性就是我们说的，但我以前已向您说过，他们没有具体提供解决问题的方法！我们比他们高一层次在于：1）区别了复杂系统与复杂巨系统，复杂系统可以用控制论和计算机解决；而2）复杂巨系统只有用从定性到定量的综合集成法。

（3）“民主集中制”在学术探讨中是成败的关键。日本人在民用科研的花费比美国人在民用科研的花费还大，但论成果则比不上美国人，问题的要害即在于此。

这一点我在给张焘同志信中不便说。您对日本的“新一代计算机”工作不也有此感吗？

开放复杂巨系统确是普遍存在的，所以应该是科学研究的重点。

以上都是些老话了，我又写了这么多，请恕！

此致

敬礼！

钱学森

1998年7月4日

选自戴汝为著：《社会智能科学》，第251～352页，上海交通大学出版社,2007年1月第1版。

1998年8月6日致戴汝为同志：

用综合集成法去解决开放的复杂巨系统问题

戴汝为同志：

您7月27日信及您学生李夏的论文摘要、前言都收到，谢谢！

对于从定性到定量综合集成法去解决开放的复杂巨系统问题，我想是否有一件可以办的研究：即用今天的巨型电子计算机用单纯分析计算的方法去计算可以计算的“大”系统；然后再用我们提倡的开放的复杂巨系统法去解决同一个问题，对比两个方法的结果，当会有启示的。当然巨型计算机的机时费是大的。

请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1998.8.6

选自《钱学森书信》第10卷,第393页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1998年9月6日致钱学敏教授：
看来“大成智慧”一时还难为大家所接受

钱学敏教授：

好久没有通信了，您和长彬同志都好吗？

看来“大成智慧”一时还难为大家所接受：附上的剪报也是讲这个问题，这位吴传钧是中国科学院院士，在中国科学院地理研究所，是搞人文地理的。他对我说：中国地理学工作人员偏向自然地理，认为地理是地学的一部分，所以重自然科学而轻社会科学。他的文章所以讲自然科学与社会科学要交错。我想我们当然赞成。是吗？

此致

敬礼！

钱学森

1998.9.2

选自《钱学森书信》第10卷,第403页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1999年

1999年4月11日致钱学敏等四同志：
知识层、情感层、智慧层是大成智慧的实质

钱学敏同志、于景元同志、戴汝为同志、涂元季同志：

我读了钱学敏同志4月6日信以后，又想到几个问题，写在下面供大家研究。

（一）客观事物和人自己都是开放的复杂巨系统，只是人在认识它们时，常常可以作为简单系统来处理，暂时避开复杂的一面。科学都是如此的。所以不要以为我们非用复杂性不可。

（二）对人的思维，有两种研究方法：一种是把它当作大脑的功能，即从脑细

胞活动开始。这是人体科学里的一部分：脑科学。我国507所梅磊同志就是这方面专家，他的文章见《中国人体科学》杂志。这很不容易。

（三）另一种方法是从思维现象开始，也就是我们说的新技术体系中的“思维科学”。这是宏观方法，把思维从人的实践经验中划分为：1）逻辑思维，2）形象思维，3）创造思维来处理。这比较容易，我们就用这个方法研究人的思维。

（四）钱学敏同志信中提出的思维结构：知识层、情感层、智慧层，这很好，是我们提倡的大成智慧的实质。但又缺信息网络。

以上当否？敬请指教！

钱学森

1999.4.11

选自《钱学森书信》第10卷，第447～448页，国防工业出版社，2007年5月第1版。

1999年8月7日致中国科学院：集中领导下民主和民主基础上的集中——“大成智慧”

中国科学院：

尊[1]7月26日函收到。奉命在另纸写了建院50周年题词，不知可用否？

此致

敬礼！

钱学森

1999年8月7日

继承光荣传统，勇于开拓创新

我国的科技工作，特别是“两弹一星”工作是在毛泽东主席、周恩来总理和聂荣臻元帅领导下开创的民主集中制光荣传统：在集中领导下民主和民主基础上的集中，所取得的成功！这里的民主是真正充分，领导错了也要立即纠正。同时讨论又不能无边无际，而必须集中到要解决的问题。这就是做到“大成智慧”了。

钱学森

建院50周年题词

选自《钱学森书信补编》第5卷，第416～417页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

---

① 此“尊”字后似乎漏掉个“院”字。——编者注。

1999年10月1日致钱学敏教授：对《钱学森论大成智慧》他们的看法有些不同

钱学敏教授：

今天中华人民共和国建国50周年，我们要相互庆贺！

9月18日您和全家恭贺我获“两弹一星”奖章，我非常感谢！

在前些日子曾给我写信，讨论《钱学森论大成智慧》。我把此信寄给戴汝为、于景元、涂元季三位，请他们研究。现在9月29日他们三位给我回了信，说明他们的看法——与您的看法有些不同。我现随信附上他们的4页信，请您考虑研究。

此致

敬礼！

钱学森

1999.10月1日

选自《钱学森书信补编》第5卷，第422页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

2000年

2000年3月18日致钱学敏教授：我们人民中国就该创新大成智慧

钱学敏教授：

您3月1日信收到，谢谢！

我想我们人民中国就该创新大成智慧，为世界作好事！

我前两个多星期在人民解放军总医院查体，一切正常，就是人老了。

我再一表示对您来信感谢！

此致

敬礼！

钱学森

2000.3.18

选自《钱学森书信补编》第5卷，第423页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

2000年7月23日致汪成为院士：
“定性到定量综合集成研讨厅”有了进展，可喜可庆

汪成为院士：

这几天翻看了您送来的简介和两本论文集，感到您的研究工作取得实质性进展，——我们“定性到定量综合集成研讨厅”有了进展，可喜可庆！

这些工作都是国防大学办的，是系统工程在国防工作、作战工作的体现，也是江主席讲的：要在我们工作中广泛运用！我讲这是大好事！也是国防工作的大好事！

前年我收到您的信，说您在国防科技大学去开讲了定性到定量综合集成工作，现在又去国防大学办了这件大事！是大好事！（戴汝为院士也向大家宣传这件事，您不会不知道）。

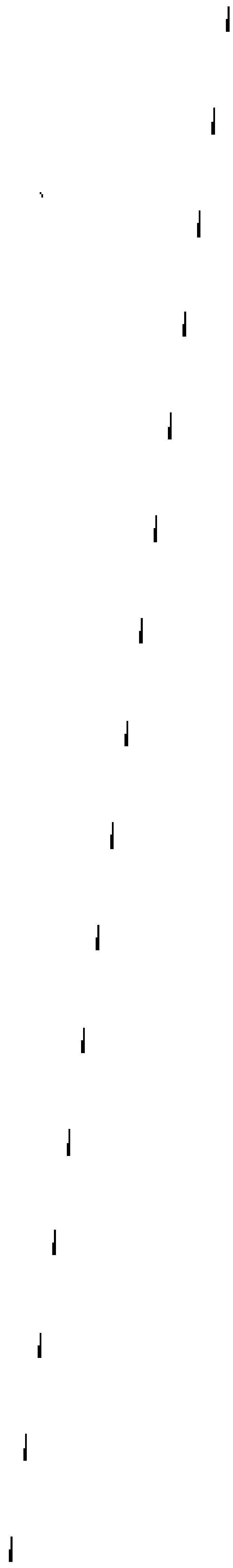
我近日在《科学时报》（2000年7月20日1版）看到一文讲上海信息化建设的事，也是我们宣传的现代科技发展；是大好事。不知道您见到了没有，奉上此报，请阅。我们国家近来好事多，可庆！

我祝您夏安！

钱学森

2000年7月23日

选自《钱学森书信》第10卷,第474～475页，国防工业出版社，2007年5月第1版。



第二编
钱学森探讨大成智慧问题的讲话

现代科学技术的发展[①]

同志们，我今天奉党校领导之命，来讲现代科学技术的发展。前一次讲，是一九七七年十一月初，讲题是现代科学技术。我那次讲了之后，有些同志提出了很好的不同的意见。我为能够有时间来对这些意见消化一下，也想更多的再听一听还有什么其它的不同的意见，所以觉得中间有一段间隙比较好。去年党校第二期，我就请求不来讲了。我必须说，这些不同意见对我的教育是很大的，使我有机会和同志们交流一下看法，把问题能够搞得更清楚一些。

今天第二次来向同志们讲，实际上是汇报一下在这一年半的时间里，我在进一步学习的过程中的一些情况，当然还是很不成熟的。我希望能够引出更好的不同的意见，这样，我们对一些问题，特别是一些理论问题能够更深入的探讨下去。我想这点对于我们实现四个现代化是大有好处的。今天我讲的肯定会有错误，请同志们批评。

我分四个方面的问题来讲。

第一个问题是讲系统和系统工程；这[②]二个问题想讲科学技术的体系；第三个问题想讲科技研究的系统工程，也就是科学研究的组织管理技术；第四个问题想讲人和计算机的分工协作问题。

四个方面的问题共分十节来讲。

系　统　工　程[③]

现在讲第一个问题：系统工程。

我们党已经把全党工作着重点转移到社会主义的现代化的方面来。实现四个现代化是一场根本改变我国经济和技术落后面貌，进一步巩固无产阶级专政的伟大革命，这必然要多方面改变生产关系，改变上层建筑，改变工农企业的管理方式和国家工农企业的一些体制，甚至要改变人们的活动方式和思想方式。这样才能够适应现代化大经济的需要。这一方面的问题，是政治方针政策方面的问题。我现在要

① 一九七九年四月二十三日、二十四日讲，同年八月六日修定，一九八二年九月重印前加页注、并附参阅文献。

② 从前后文看，“这”字改为“第”为好。——编者注。

③ 钱学森、许国志、王寿云：《组织管理的技术——系统工程》，《文汇报》，1978年9月27日。

讲的，不是这一方面的问题，但会跟这方面的问题有关系．我要讲的是具体执行当中的一些技术问题，也就是组织管理的科学技术，这当然要涉及到社会科学了，在我上一次讲的时候，对于社会科学，我没有搞得很清楚，所以我讲了一段比较谨慎的话，我说："我们回顾自然科学，从十六世纪开始，经过我们讲的近代科学技术四百年的发展阶段到一百多年来的现代科学技术的发展阶段，我们对自然界的认识已经到了相当高的水平。我们人类可以利用我们已经掌握的自然界的规律来改造世界，并且预见很多自然现象。对于自然界这个客观世界来说，我们已经不那么被动了，我们已经从必然王国能动地朝着自由王国迈进了。将近五百年自然科学技术发展历史，是不是值得我们总结一下、研究一下、看一看有哪些东西可以借鉴到科学的社会科学的研究和发展中去。"没有说出来到底怎么办，只是说要考虑一下这个问题。今天我来讲，觉得可以提供一个线索，这就是系统工程。

这个问题在上一次我讲的时候已经提到过，说在复杂的工程技术工作当中，比如说，象在发射人造卫星，研究原子弹、氢弹，这些很复杂的科学技术工作当中，我们发现需要一个为党的领导当技术参谋的部门。也就是说，一个工程师，或者一个总工程师加上几个副总工程师，这么几个人，已经不能够应付局面，已经不能够抓总复杂体系的设计工作了，必须要有一个在我们的工作当中，称之为总体设计部部门。这个部门不是几个人，也不是十几个人，常常是几百人，甚至于近千人的组织。是这样一个组织来抓总复杂系统的设计工作，这是现代科学技术里面复杂的大工程所必需的。这一件事实，常常不被我们的同志们所理解。所以有必要来讲一讲历史。比如说，作为个体劳动者的一位泥瓦匠造一所简单房子，首先他要搞到材料，要选定一个可行的方案，然后再进行建造。在他动手建造以前，当然在他脑子里头已经有要盖的这个房子的形象了。要盖这个房子，先怎么办，后又怎么办，他也有一个方案。在整个建造过程当中，他既是构想这所房子的结构设计师，又是从每一个局部来实现房子的建造工人。他既是管理工作者，也是劳动者，两者是合一的，一个人都包了。后来在手工业的工场里出现了以分工为基础的协作，对此马克思说"许多人在同一生产过程中，或在不同的但互相联系的生产过程中，有计划地一起协同劳动，这种劳动形式叫做协作。"马克思又说："一切规模较大的直接社会劳动和共同劳动，都或多或少地需要指挥，以协调个人的活动，并执行生产总体的运动，——不同于这一总体的独立器官的运动——所产生的各种一般职能。一个单独的提琴手是自己指挥自己，一个乐队就需要一个乐队指挥。"也就是说，在集体劳动的时候，就有职能的分工，在一切规模比较大的工程技术里面，都有所谓总体。总体是干什么的呢？就是把复杂的工程体系里而各个部分协调好，使得最后的体系能够达到所要求的性能。总体就是指挥各个具体的组成部分，怎么样设计，使

得最后联系起来的整体能够更好的工作。在手工业的工场里，这个指挥就是监工，后来生产进一步的发展了，在产业革命以后出现的大工业的生产当中，这个指挥就是我们习惯说的总工程师。在制造一部复杂的机器设备的时候，如果它的一个一个的局部构件彼此协调不好的话，最后的这部机器也是不行的，不会是先进的。所以在设计过程当中要有一个人来协调各方面的工作，这就是我们说的总设计师。

这基本上是在上世纪或者到本世纪初的一些情况。到了本世纪以后，科学技术活动的规模有了很大的发展，工程技术装置的复杂程度不断地提高了。比如说二十世纪四十年代，在美国研制原子弹的时候。参加这个研究工作的人一共有一万五千人。到了六十年代美国人搞登月飞行的时候，参加制造火箭、飞船整个活动的有多少人呢？有四十二万人。可以想象，要指挥规模如此之大的社会劳动，（它已经是社会劳动了，不是个人的活动）靠一个总工程师或总设计师，靠一个人，就是这个总工程师、总设计师有多大的本事，那也是不可能的。这个时候就需要把这个总工程师、总设计师的活动充实起来，加以扩大，需要组织一个几十人、上百人、几百人的一个集体，来承担起这么复杂的工作。这就是刚才提出来的为领导做技术参谋的部门，已经不是一个人了，而是一个部门了，就是总体设计部。我们国家的情况也是这样，在五十年代的后期，我国搞国防尖端技术也就是开始搞原子弹、氢弹，搞导弹的时候，也碰到了这个问题。我们发现，复杂性在于我们所要从事的这项任务，是一个庞大的系统，是由相互作用和相互依赖的若干个组成部分结合的，结合到一个规定达到的功能和指标。当然有的时候我们还要考虑更大的系统。比如说，我们研制一个导弹核武器，这个核武器又是我们国家国防力量的更大系统的一个组成部分。战略核导弹，本身有弹体，弹头，发动机，制导系统。在试验的时候，导弹的工作状态还要由无线电信号传下来，这叫遥远测量，简称遥测。还有，在进行飞行试验的时候，为了观察导弹是不是按原来设计的飞行轨道飞行，还要有一大套测量导弹外弹道飞行状态的地面测量系统，即外弹道测量系统。发射之前，对导弹各个部位预先要用仪器测试，看是不是能够正常的工作，然后才能够决定发射还是不发射；如果这个导弹用的是液体燃料，那么还要及时的把燃料加入到导弹里面去。发射的时候，还要有一套光学测量设备，观测起飞是不是正常。所有这些东西，构成一个很复杂的体系。但是还不止于此。对于战略核导弹，在考虑要它完成什么任务的时候，比如说，射程要多大？命中精度要求有多高？氢弹头爆炸的威力到底要多大？我们又得要考虑还有其它的战略武器。比如说，由核动力潜艇发射的导弹，以及其它不属于战略武器的武器，我们全部的国防武器体系要有一个总的安排。从核导弹本身来说它是一个复杂的系统，但是要决定核导弹这个复杂系统，还要考虑更复杂的、包括更大范围的系统，就是我们整个国防力量的构成。这么复杂

的问题要由一个设计师或者一个总设计师几个副总设计师，去解决，那是很难设想的。

刚才说了，美国人在研制原子弹的时候，参加工作的有一万五千人，后来搞登月飞行，参加工作的就有四十二万人。这么大规模的一个组织，联系到每一个部位、每一个人的工作都要安排好，这么复杂的一个系统设计工作，当然靠一个人几个人是不行的，所以这就产生了一个新的行业，叫系统工程，是专门搞这种复杂系统的协调，搞总体工作的。

除了复杂的工程系统的组织管理技术的发展以外，在国外还有另一方面的发展，就是大企业的经营管理技术，国外叫“经营科学”。经营管理作为一门科学萌芽于本世纪初的泰罗制，到了四十年代之后成为一门比较成形的科学。

实质上，依我们看来，不论复杂的工程还是大企业，以至国家的部门，都可以作为一个体系。组织建立这个体系，经营运转这个体系是一项工程实践，就如水利枢纽，电力网，或钢铁联合企业的建设那样，是工程技术。所以应该统统看成是系统工程。正象机械工程、水利工程、土木工程、电子工程等等需要有实现这些工程的理论一样，系统工程也需要实现它的理论，这科学理论是系统工程的基础，系统工程则是这门科学理论的具体运用。这门科学理论可以沿用一个已经建立的名词，叫运筹学，但内容和范围更明确了，它是体系组织管理的实践所总结出来的、有普遍意义的科学理论。

社会劳动规模的日益扩大，要求我们对统筹兼顾、全面规划、局部服从全局等等原则从朴素的自发的应用提高到科学的自觉的应用，把它从日常的经验提高到反映组织管理工作客观规律的科学理论。所谓科学理论就是要把规律用数学的形式表达出来，最后要能上电子计算机去算。这就是运筹学的实质。运筹二字取自古代中国的名句“运筹帷幄之中，决胜千里之外”。这同时表达一个历史情况，就是运筹学的发展是开始于军事指挥工作的需要，第二次世界大战中，国外一些数学家参预[①]了这个方面的工作，发现了军事指挥里面的一些问题，可以变成数学的关系加以比较精确的处理，运筹学就是从这发展起来的，逐渐形成系统工程的理论。运筹学并不神奇，它只是把我们办事情的道理提炼成为普遍性的理论而已。我举个例子说明这一点。运筹学里有一个方法，叫计划协调技术。实际上是说任何一项任务都是由一件一件的具体工作组成的，先办哪一件，后办哪一件，有严格的顺序。把所要做的事情，一个圆圈一个圆圈地画在一张纸上，先办的画在左边，后办的画在右边，把它安排好。然后在这两个圆圈当中画一条线，表示从前一事件到后一事件必须进行的工作，并注明所需时间。复杂的任务，步数或事件数就多。画在一张这样

① 此“预”字系笔误，应为“与”字。——编者

画好的图上，从头至尾有许多工作线，总可以找出需要时间最长的一条线，这条线叫关键线，或者用我们习惯的语言叫短线吧，因为是最吃紧的。计划协调技术所要协调的就是想法子采取措施，使得关键线需要的时间能够缩短一点。因为它一缩短了，整个任务的完成时间就可以提前。计划协调技术帮助我们找出关键线。采取措施使这个关键线的时间缩短了，另外一条线又可能变成关键线了，那么，再采取措施把那条线的状况改变一下，让它时间能够提前。整个计划协调技术就是这么回事。我举的这个例子，说明运筹学的本质也没有什么神奇，它把我们日常做的事情条理化了。所以我说什么叫运筹学？运筹学就是事理学。办事情是有道理的，我们天天办事，只是没有把它系统化、精确化，变成用数学语言表达的理论而已。当然这些道理形成理论后就得起个名字了，这些名字都是新名词，什么线性规划论、非线性规划论、排队论、搜索论、决策论等等。

刚才说的计划协调技术，如果有好几百个事件，那么用人工、算盘，把关键线算出来，可太费事了，也许要算好几个月。计划还没调整，时间已经过去了，算出来也是马后炮了，没有用处。所以很重要的，就是在运筹学出现以后，又出现了电子计算机，最解决问题了，所有计算的这一部分工作可以大大的加快了，不要几个月了，几分钟就行了。这样才使得运筹学的理论用到系统工程，成为实际可能，要不然是空谈的，做不到的。所以，可以这样子说，系统工程是应运而生，也是水到渠成。因为有复杂的体系的问题，所以出现了系统工程。而要解决系统工程，又必须有理论，这个理论从二次世界大战开始，近三十年来，已逐步的完善了。就在这同时，又出现了电子计算机，为系统工程的实践、运筹学的应用提供了实际可能。一方面有运筹学的理论，一方面有电子计算机这个计算工具，这就使得系统工程能够真正实干了，就使得系统工程蓬勃的发展了。现在系统工程的方法在国外已经是普遍的应用了，在工程设计中，在企业的管理当中，都用系统工程。在军事指挥、参谋工作当中，如部队的调动，武器的配备、使用，用系统工程的方法来提出参谋的意见，这就叫军事系统工程了①。在系统工程用得很有效的方法中还有一个关于仓库管理的方法。我们仓库管理，确实问题很多，各个下属单位的仓库里头到底有些什么东西，主管人员往往搞不清。有的东西都搁那么十几年了，二十几年了。管理好仓库，还是要用科学的办法；当然，我们要有象大庆油田齐莉莉那样的好仓库管理员，但是，对更复杂的仓库，更要提高仓库的效率，就要用库存论等系统工程的方法。

系统工程的应用广得很，用到工程建设当中去，叫工程系统工程，用到企业管

① 钱学森、王寿云、柴本良：《军事系统工程》，总部机关领导同志学习办公室印，1979年7月24日。

理当中去，叫生产系统工程，用到军事指挥方面去，叫军事系统工程，用到仓库物资的管理方面去，叫仓库系统工程。

系统工程的进一步发展

最近我考虑中西医结合这个问题，中西医到底怎么结合？我认为中西医结合要考虑用系统工程的方法。怎么医学也成了系统工程了呢？我们的目的是要创造中医西医结合的我们国家的新医学新药学，那么，中医所突出的是什么呢？中医我不懂，看到的材料好象是突出人的整体概念，辩[①]证论治的思想，治病要人、病、症三结合，以人为主统筹考虑，要把人做为一个复杂的体系，要把人和环境做为一个复杂的体系来考虑。最近报刊上有文章讲到这个问题，人跟人体质不一样，还有地区的条件不一样，治病的方法也不能一样。中西医的结合要深入研究生理学，要大大发展生理科学，要把人跟环境结合起来考虑。我们要遵循中医从几千年的实践当中总结出来的所谓脏象、气血、经络等等学说，做为一个线索，深入的研究人的生理，人跟环境的生理学。我不主张把中医的书做为不可变的东西，光是背中医的经典著作，因为那样我们不能够真正的科学的解决问题。在今年四月六号《光明日报》第四版上有一篇文章，谈发展中医与医学科学现代化，是上海第二医学院的副院长邝安堃同志写的，我很赞成他的观点，他把中医的一些理论，联系到现代生理学和医学，把它贯通起来了，用现代的医学和生理学的道理来阐述中医的理论，例如把血中环一磷酸腺苷（cAMP）和环一磷酸乌苷（cGMP）的含量同中医阴虚、阳虚联系起来。因为事物的本来面目是辩证的，生理科学医学研究也必然要克服过去片面性，或者形而上学的缺点。近年来对于神经—体液，比如下丘脑的分泌，以及生物电的研究，都说明这么一个趋向。我们翻开一本初级的教课书，就常常说，人有多少个系统，什么消化系统，神经系统，循环系统，反正每一个系统都是一个部门，中间没有关系。现在随着生理科学研究的深入，越来越清楚了，不是这样子的。比如下丘脑从前是划到神经系统的。前年得诺贝尔奖金的两个医学家，他们研究下丘脑的分泌，指出脑子一部分下丘脑分泌了物质来控制脑垂体的分泌，而脑垂体的分泌又是人体内分泌的一个总机关。结果，不同的系统串了门了。所以生理科学研究的深入突破了从前的局限性。中西医结合，必然会用系统工程的这个概念来解决问题。[②]

再说环境。环境保护在我们国家成了一个相当重要的问题了。周总理是很注意

① 此“辩”字为笔误，应为“辨”。——编者注。

② 钱学森：《系统科学、思维科学与人体科学》，《自然杂志》，1981年1月。

环境保护问题的。但这几年来，由于林彪、“四人帮”的破坏，我们国家环境污染问题很大，在北京，恐怕是党校这个地方好一点，城里实在是空气不好。环境问题当然是一个系统工程，叫环境系统工程，这里包括自然条件，气象变化，还有人的活动，工业生产，农业、畜业、林业、渔业生产的相互关系，怎么保证我们有一个健康的生活、工作环境，这是一门系统工程。因此，环境保护工作应该从系统工程的角度去考虑。我们国家特别要考虑三废的利用，现在国外也在考虑废气、废渣、废水的利用。我觉得这个“废”字很难听，好象一废就“废”了，实际上我们应该说，所谓“三废”，是人造的资源，而且这个资源好，送到你门前来了，用不着再去开挖了。我们社会主义国家，要全面的考虑我们的资源，有自然资源，还有人造资源，人造资源就是“三废”，要把它们充分的利用起来，这样才能解决我们环境污染的问题。

再一个方面是教育。是不是也可以有教育工程呢？”[①]可能有的同志会问，教育还有什么技术问题？实际上我们现在的一所学校，比如说一所大学，可能有万把人吧，有十几个系，每个系又有若干个专业，教学生不但要教本科的大学生，还有进修生，还有研究生，同时又是一个研究单位，要通过研究工作来不断的培养新的教师和提高现有教师的水平。设备方面有办公室、教室、住房，还有教学设备，特别是电化教学设备。有这些设备就要有维修车间，甚至于工厂。至于生活设施那更是一大套了。这么样的一个组织难道不是一个企业吗？它并不比一个工厂简单，而且，这样的一个体系还要随着科学技术的发展、国家建设的需要而不断的变化，系、专业的组织实际上也要不断的调整，实验室也要不断的调整，扩建，改建。所以，一所高等院校，跟一个工业生产企业在复杂程度上不是很相象吗？要建立这么一所学校，要不断的充实[②]办好这么一个学校，跟经营管理一个工厂、企业不是很少区别吗？我们决不能够忽视高等院校的组织管理工作的复杂性。中学可能简单一些，小学更要简单一些，但是中学、小学的数量很多，整个教育从幼儿园算起，小学、中学、中技、中专、高等院校，当然是一个非常庞大的体系。怎么搞好这么一个庞大的体系，应该把它看作一个教育的系统工程，或者教育工程。《光明日报》不断地有这方面的文章。我们应该把组织管理好这样一个教育体系，作为一个专门的技术，要用运筹学的方法，也要用电子计算机。管学校还得用电子计算机吗？确实是这么回事。我们有的参观访问的团体到美国去，看他们的一所大的学校，安排课程，给学生考核的通知单这一些工作都是用电子计算机的。

刚才说到医学系统工程，环境系统工程，和教育系统工程，有一个共同的问

① 钱学森：《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》，《哲学研究》，1979年1月。

② 此处应该有个句号“。”——编者注。

题，它们都需要加强理论基础的研究。医学系统工程要大大的发展生理科学，环境系统工程要大大的加强环境科学的研究。教育系统工程的理论基础当然就是要把教育做为一个社会现象、社会活动来研究，要掌握教育的规律。教育的规律不是凭空想的，而是要从实践当中总结经验，要把人类社会的教育事业作为一个社会活动、作为一门社会科学来研究，这就是教育学，是一门社会科学。另外，教育有教育的目的性，即阶级性。我们的教育是要培养有社会主义觉悟有文化的劳动者，包括工人、农民和宏大的无产阶级知识分子的队伍；资产阶级搞教育，那是为了培养足够多的资产阶级知识分子队伍；地主阶级搞教育，是为了培养封建的知识分子。当然，不管哪一个阶级的教育，它的教育学，尽管指导思想上有所不同，但是恐怕也有一部分是共性的，那就是反映人学习的客观规律，也就是反映生理学、心理学的学习规律。这一部分共性的东西，我们也要吸取。但是，我们的教育学总不能够把“大成至圣先师”孔老夫子那一套全都搬过来。无产阶级的教育理论，虽然马克思、恩格斯、列宁和毛主席都有不少的阐发，但是我们还是面临着一个学习整理的任务，而且要在这个基础上写出我们的教育学。现在有中央教育科学研究所了，会研究这方面的学问。以前的那些书，什么凯洛夫的教育学啊，我觉得是不能令人满意的。所以组织专门的队伍来研究我们的教育学，作为一门社会科学，很有必要。要不然就缺少理论来搞好教育系统工程。

社会工程①、未来学②

系统工程还可以扩大。因为《文汇报》发表了关于系统工程的文章之后，就有同志提意见说：那个系统工程的范围还太小了，应该考虑整个国家的系统工程，也就是社会主义建设的组织管理的技术。这个批评是很对的。我们一定要考虑整个国家社会主义建设到底应该怎么搞好。确实有长远规划问题。在国外，对于社会的未来研究的很热闹。他们叫“未来学”，老实讲，我对于他们的未来学是抱一点怀疑的。为什么呢？我想，自从人脱离了蒙味而有了思想，人就要在生产劳动之余想到明天将会是怎么样的，要考虑到未来。但在原始公社时代，一是不会有多少功夫去想，二是人改造自然、改造客观世界的能力毕竟很有限，也大都只能听从自然的支配，所以对未来的考虑是不能不比较贫乏的。

后来人进入了奴隶社会，又进入了封建社会，及至近代，进入了资本主义社

① 钱学森、乌家培：《组织管理社会主义建设的技术——社会工程》，《经济管理》，1979年1月。《我国的国家功能结构体系——再谈社会工程》，红旗杂志社《内部文稿》，1982年第14期。

② 钱学森：《现代化和未来学》，《现代化》，1979年6月。

会，出现了阶级，有奴隶主、有封建地主、有资本家这些剥削阶级，和与之对立的奴隶、农民、工人这些被剥削阶级，他们对未来的看法也是对立的：剥削阶级总要维护他的统治地位，而被剥削阶级总是憧憬着从苦难中解放出来。这是几千年阶级社会中的普遍现象。统治者说将来不能变："天不变，道亦不变"；"资本主义制度是最好的社会制度，自由、民主！"

统治阶级还利用被剥削者在苦难中对解脱的希望，扶植宗教活动，作为"人民的鸦片"，用死后天堂，用"来世"的幸福来麻醉劳苦大众，叫他们服从统治者，供他们奴役。千百年来统治阶级的未来学就是两条，第一是社会制度永远不变，第二受苦人的未来在于天堂！

当然还有一些鬼把戏，什么巫卜、算命之类的"未来学"！

但是宗教这个玩意儿，毕竟有些臭，那套死后天堂之说也哄不了人了。而传教士们在第三世界的所作所为，也早已为人民所看破，无非是帝国主义侵略的帮凶！所以要来一个花样翻新，叫"未来学"。他们宣传说：我们说的未来学是科学的，是完全以现代科学技术为基础的，而且搞预言的人又都是鼎鼎大名的科学家。什么"绿色革命"，提高光合作用效率，利用遗传工程让稻麦也能根瘤固氮，解决吃饭问题。什么利用太阳光在地球同步轨道站上发电，送到地面解决能源问题。等等、等等，喊得天花乱坠，好象你今天一切的问题，一切困苦都将被现代科学技术解决。他们还说：这就叫科学技术革命，是第二次或甚至是第三次工业革命[①]。这个革命可了不起，它革了十八世纪工业革命的命，所以马克思那一套不灵了，科学的社会主义学说不灵了，还是资本主义社会好。

不是说所有搞未来学的都在搞这个鬼。但的确有那么一批人自觉地、或不自觉地（被利用地）在干。他们一方面麻痹他们自己国家的被剥削者阶级，另一方面又在麻痹第三世界国家的人民。所以这样的未来学也是在起着"人民的鸦片"的作用，要不是如此，你又怎么能解释"善良"的资本家愿意解囊为那么多未来学研究和未来学讨论会议出钱？资本家还会情愿搞蚀本的生意？

当然，上面讲的只是现在世界未来学研究的一个侧面。对我们来说未来学是什么呢？未来学必须以辩证唯物主义和历史唯物主义为基本理论，也就是从马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点和方法来研究人类社会的发展，预见未来。这是真正科学的未来学，客观的未来学，是未来学研究的唯一正确道路。

在马克思主义经典著作中已经通过周密详尽的分析研究，对未来学的几个根本问题作出了根本的轮廓性的解答。例如：关于社会制度，人剥削人的社会制度一定要为没有剥削的社会制度所代替，资本主义社会，一定要通过社会主义社会为共产

① 钱学森：《科学革命、技术革命与社会进步》，《世界经济调研》，1982年第26期。

主义社会制度所代替；关于国家制度，资产阶级国家一定要先重建为无产阶级专政的国家，最后阶级消灭了，国家也消亡了；关于分配，消灭了剥削，它在社会主义社会实行各尽所能，按劳分配，然后在共产主义社会实行各尽所能，按需分配；等等。我们研究未来学只能在此基础上，加以发展、深化，并具体化，提出措施，而不是、也不可能去推翻这些结论。

那为什么所谓第二次、第三次工业革命之说，什么科学技术革命之说能混淆一些视听呢？其原因无非是现代科学技术确实大大地发展了社会生产力，还可以看到在不远的将来，社会生产力还能更进一步成十倍成百倍地提高，人们被这个宏伟的前景镇住了。其实这个变化只雄辩地说明科学技术是一种社会的生产力。但科学技术成为社会生产力发生于十八世纪资本主义兴起的时代，恰恰是工业革命的同期产物。在这一点，我以为讲得最清楚的是毛主席的论述。他对技术革新与技术革命有过不少精辟的阐述，特别是在一九六九年初，毛主席区别了这两个词，并指出："对每一具体技术改革来说，称为技术革新就可以了，不必再说技术革命。技术革命指历史上重大技术改革，例如蒸汽机代替手工，后来又发明电力，现在又发明原子能之类"。所以正是蒸汽机技术革命促进了资本主义的兴起，是电力技术革命加速了资本主义从自由资本主义进入垄断资本主义或资本帝国主义；一切已经发生的技术革命和正在发生的技术革命只能推动历史的进程，只能导致资本主义社会制度的死亡，只能促使社会主义在全世界范围的胜利，只能最终走向共产主义！

我们必须宣传这一真理！

未来学既然是要科学地预见人类社会的未来，那当然应该是社会学的一个组成部分，社会学的未来部分。从这个意义上讲社会学的过去部分也可以说成是史学，社会学的现在部分是世界的综合研究。过去和当前社会学的研究比较容易些，因为总有大量事实可以提供分析，综合描述总是可以做的。但要预见未来，预见未来的社会，而且是科学的预见，不是瞎猜，那就要掌握社会运动的规律；而规律必须从分析过去和现在的社会运动发展中得到。在研究物质运动的自然科学中，人们常常称描述物质状态的学问为静力学，讲物质运动情况的学问为运动学，分析并预见物质运动的学问为动力学。所以我们对社会学的研究，已经完成的大都是"静力学"或"运动学"性质的，而现在要研究未来学，那就必须把社会学研究深入到"动力学"的阶段，未来学也是"社会动力学"。

这当然是比较难的工作。难，就要我们改进我们的方法，老一套搞社会科学的办法不够用了。我们一定要有数量，要定量，光定性不够。这就是说要利用数学方法，数学理论。在这一点上我们可以向国外学习，他们的大企业，大公司，为了制订经营规划，早就使用了运筹学、控制论、数理统计、概率论等理论，并且用了

电子计算机来计算各种方案的效果。这套方法，我们也可以用到整个国家，整个社会。系统工程的方法扩大到社会的范围，即组织管理社会主义建设的系统工程，称为社会工程。社会工程是完全有条件有可能建立起来的。这里介绍一个小说的例子，不知道大家看没看过日本作家堺屋太一的一本小说叫《油断》，说的是在日本石油断绝了的情况。在这本小说里有一个女科学家鬼登沙和子，我们叫她系统工程师吧，小说描述说，在她的主持下，居然把日本在国外油源中断后整个国家一步一步的变化用电子计算机算出来了。后来石油真正断绝了，果然不出所料，鬼登沙和子预见的东西出现了。当然那是小说，但是，发人深思的是，可以用电子计算机算，用系统工程这套办法来预见社会的发展，这就是社会工程。

当然我们不是说现在就能全部实现这种预见，但很有必要来研究这门学问。我们知道，由于科学技术的发展，人类社会在今后要比过去的发展快得多，我们不能够走着瞧，走这一步再看下一步，我们必须要看几步。比如说最近《光明日报》有一篇文章，在四月十日第四版，是宁可同志谈汉代农业生产的文章，说汉代每个农业劳动力年产粮两千斤，每个农业人口每年口粮四百八十六斤，全国每年每人占有粮食六百四十斤。这些数字反映了过去我们不太注意的一个情况，那就是从汉朝以来的两千年，我国农业虽然有所发展，但农业劳动生产率，每个农业人口的口粮数和全国每人平均占有的粮食数，仍在汉代已经达到的水平上徘徊。美国现在的农业劳动力占它人口的比例是多少呢？才百分之一点二。我不是说农村人口，是说农业劳动力，我们全国农业劳动力恐怕占人口的比例是百分之三、四十。也就是说，我们跟美国差三十多倍。其它方面也有类似的情况。所以说我们这个国家从现在发展到二十一世纪，几十年内要走过的道路，将比过去两千年走过的道路还要长得多。有没有可能？是不是梦想？我觉得不是梦想，不是不可能。因为毛主席指出，技术革命，科学技术可以大大的提高我们的劳动生产力，科学技术是社会生产力。但是，在预见或者计划、规划这么大的一个变化的时候，我们不能够走着瞧，不能够沿用过去那些不定量的办法，不仔细计算的办法，我们要用定量的办法，要用数学的办法，要用精确的办法，要把系统工程用到社会主义建设上去。这就是组织管理社会主义建设的技术，叫社会工程。

在这里不妨描述一下，我们这个国家到二十一世纪实现四个现代化、赶上超过世界先进水平后，到底应该是什么样子呢？比方我们到那时候人口有十亿，大概一半是劳动力，就是五亿。现在我们看到，在科学技术发达的国家，全部劳动力里头直接从事于工农业生产的只占四分之一。也就是说这五亿劳动力里面真正在从事物质生产劳动的有一亿二千五百万。如果平均劳动生产率每人每年是十六万元，比现在增加十六倍的样子，那么工农业总产值就将是二十万亿元。如果平均劳动生产

率每人是二十万元，那么工农业总产值就将是二十五万亿元。这比起现在是几十倍的增长，按十亿人口计，工农业产值，每人平均将分别达到两万元和两万五千元，我们国家将不是贫穷落后的国家了。也许同志们问，五亿的就业人口，四分之一从事物质生产劳动，那么另外四分之三干什么？到那时候我们的文化水平要大大的提高，没有高度的科学文化水平是不能胜任的，工人也得有大学的文化水平，因为都是自动化的，电子计算机控制的，就是将来我们搞生活服务，那也都是机械化的自动化的。所以那时候恐怕大学教育就得普及，五亿就业人口每年要补充大学高等院校的学生是大量的，恐怕一千万以上，我们全国就要办一万所大学，再加上中学小学，所以从事教育工作的人那是个很大的比例，大概约五千万。

其次，到那个时候，大家都是专家，吃饭穿衣这一些日常生活的事情，不能够一家一户来干。现在已有这一迫切需要。我是替科技人员说点话，现在在第一线的科技人员四十多岁，早上起来排队买菜，中午赶快回家做中饭，晚上做晚饭、看孩子，到晚上还跟孩子抢桌子，孩子要做家庭作业呀，一张桌子不够用。这样，科技人员雄心壮志也发挥不出来了，精力都消耗掉了嘛。所以现在科技人员一个普遍的呼声，这些生活问题最好社会化。我们到二十一世纪，就更应该把十亿人口的吃饭、穿衣、住房、走路、医疗卫生、水电、邮政这些东西都管好，恐怕需要有一亿人。我们现在九亿多人口，搞家务、生活后勤、服务的估计有几亿人，不会比直接搞农业生产的少；所以十亿人口，十比一，这还得自动化，要不然管不好。直接从事于物质生产的一亿二千五百万，教育工作者五千万，生活服务的一亿，一共二亿七千五百万。

五亿的就业人口还余下二亿二千五百万，干什么？我说是搞科学技术研究，搞自然科学研究，搞社会科学研究，当然还有组织管理，国家机构的人员。这恐怕占去绝大部分，还剩下来一小部分是文化、文艺工作者，这也很重要。是不是把自然科学社会科学研究的人说的数量太大了？不。我们出国访问的很多同志，就看到这么一个现象，技术上发展很快的一些国外企业，生产线都是自动化的，产量很大，质量很好，但人数不多，常常是一个企业的百分之六十、七十，甚至于八十的人在于科学研究，发展新产品，改进产品。这一个现象恐怕是一年比一年还要明显。

我描述的这么一个分配，大胆地在这讲了，是不是值得考虑考虑。要进行这么大的一个变化，而且时间就是二十多年三十多年，怎么规划好，计划好？这个，没有定量的计算，数值关系，搞不好。所谓定量、数值的关系也并不神秘嘛，当然要依靠统计的材料，比如说，我们炼一吨钢，要多少铁矿？要多少电力？要多少焦煤？要多少其它的燃料？要多少石灰和其它辅助材料？还要多少人力？得把这些关系，定量搞清楚。然后我们要研究，采用了新技术，对这些关系又有什么影响？这

样的关系，通过统计，通过科学技术的研究，把它全部表达出来，就可以上电子计算机计算了。电子计算机算得快，你要知道明年的安排行不行？有没有缺口？效果如何？它算一个小时就会有答案。如果要换一个方案，另外一个安排，那么把一些参数、数据改一改，它一个小时又给你答案。总之，几种方案、十个方案、二十个方案，都能算，算出来再比较哪个好。今年的算完了，算明年的，再算后年的，一直算下去。这样，我们国家在没有外来侵略发生的情况下，根据计划，一步一步的做去，至少几年的效果是可以科学的判定的。当然，到了明年，会发现原来统计的一些数字有些不准，可以做调整，可以再算，调整计划。如果怕算法靠不住，那么有一个办法来验算，就是往回算，从今年往回算看去年怎么样，去年的情况是已知的，可以比较，算的结果跟实际结果怎么样。用电子计算机好就好在它一个小时就给你算出来了，靠人算，一辈子也算不出来，因为太复杂了。这套办法，有了电子计算机就可以用，没有电子计算机那就没有用。我们常常说社会科学的事是做不了实验的，不象自然科学可以做实验，社会科学牵涉整个社会怎么做实验？做不了实验。但是，我们可以在电子计算机上试验，试试看，到底怎么样。这种试验现在是完全可以做到的。在资本主义国家，他们也想用这个办法，但是，资本垄断集团是有矛盾的，对方到底采取什么措施，不可能预见。所以，他们尽管想用这个办法，也会有很大局限性。我们不一样，我们是中国共产党领导的统一的社会主义国家，有计划的经济，这套办法恰恰我们可以用。所以，这已说到系统工程的最大的一个范围了，就是全国的范围。把系统工程用到整个社会，当然大条件是具备的，具体的，却还要做很多研究工作。①

科学技术体系学②

系统工程是一大类新的工程技术，它将在将来的学科体系中占一个重要的位置。所以现在就让我们来探讨一下现代科学技术体系的问题。

对这个问题，恩格斯在《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》这个著作当中有一段很精辟的话。他说："一个伟大的基本思想，即认为世界不是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体，其中各个似乎稳定的事物以及它们在我们头脑中的思想映象即概念，都处在生成和灭亡的不断变化中，在这种变化中，前进的发展，不管一切表面的偶然性，也不管一切暂时的倒退，终究会给自己开辟出

① 钱学森：《用科学方法绘制国民经济现代化的蓝图》，《计划经济研究》（11），1980年6月17日。

② 钱学森：《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》，《哲学研究》，1979年1月；《现代科学的结构——再论科学技术体系学》，《哲学研究》，1982年3月。

道路”。他接着又说：“事实上，直到上一世纪末，自然科学主要是搜集材料的科学，关于既成事物的科学，但是在本世纪，自然科学本质上是整理材料的科学，关于过程、关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大的整体的联系的科学”。

恩格斯在这里特别指出了一个非常重要的事实，就是新的学科会不断产生，然后发展，而老的学科又会逐渐消亡。所谓消亡，不是说这些知识没有了，不存在了，而是上升到新的分类，新的组合，出现了新的学科。对于学科的这种变化，吴征铠同志在《光明日报》的一篇文章说到这么一点。我是很赞成的。我对于现在常常用的“边缘学科”这个提法，有点保留。边缘嘛，就是到了边了，就是说原来的那个边真是一成不变的，发展到边上去了就变成边缘学科。这就是说原来的学科是不能够变化的。实际上，随着事物的发展，哪里有边呀？今天这儿是边，明天这儿就不是边了，它成了新的一个中心了。有的所谓边缘学科现在是中心学科，它最重要。我想这样来看学科的发展，也许更合乎实际的情况。

上面所引的这段话里，恩格斯还是强调了自然科学的整个体系，他认为这是科学进一步发展必然要出现的。我们今天在读恩格斯这段话的时候，有三点要考虑：

一个是从恩格斯紧接着这段话后所举出的关于动物、植物过程的生理学，关于胚胎发育过程的胚胎学，关于地壳逐渐形成过程的地质学来看，一百年前的自然科学的体系比起现在要松散得多了，还有许多缺口、断开的地方，还不完整。这是一点。比较起来，现在的自然科学体系相互的关系更紧密了。

二是他讲了自然科学，没有讲社会科学。这个很容易了解。因为真正的社会科学即马列主义的社会科学，刚刚才由马克思和恩格斯创立起来，还来不及纳入到整个科学的体系。

第三点，恩格斯在这儿也没有涉及到工程技术。因为当时的工程技术刚刚被认为是同自然科学相联系的，是以自然科学的理论为基础的，才刚刚被认为是科学体系里的一个组成部分。在以前认为工程技术是工匠的技巧，经验的积累，并不认为是一门科学。所以恩格斯也没有来得及把工程技术归到自然科学的体系当中来。

由于这三点，我们当前的任务就是应该把恩格斯所提出的伟大的、整体的、联系的科学这个概念完整起来。在这里我应该指出我前次在中央党校讲课中的一个缺点，我那次讲的是现代科学技术，但我没有明确地把社会科学包括在现代科学技术之内，这是不对的。现代科学技术要包括自然科学，包括社会科学，还要包括工程技术，也就是说我们要建立起科学技术体系，或者建立起这样一门学问叫科学技术的体系学。我们要研究这个科学技术体系里面的组成部分，相互的关系和联系，我们要研究科学的产生、发展和消亡，要研究自然科学体系的运动和变化。研究科

学技术体系或者建立科学技术体系学的第一步，是考虑这个体系大体是怎么样构成的？它应该包括三个组成部分：自然科学、社会科学和工程技术。前两部分即自然科学和社会科学大家是熟悉的了。当然，社会科学里面还要不断的有新的发展。比如我们提到的教育学，这也是社会科学的一个新的部门。

现在应该说清楚的是工程技术怎么会独立出来成为一个组成部分呢？工程技术能不能够把它归到自然科学里面呢？把它独立出来作为一个组成部分，这是因为工程技术的实践至少要带上一点经济上的考虑。实际上，就是医学恐怕也得考虑经济因素吧，吃药治疗一点都不考虑花费恐怕是不行的。至于土木建筑工程、电力工程、水利工程、航空工程、造船工程等，当然要考虑经济的因素。工程技术问题不能不考虑经济的问题，更不要说社会工程，那么大范围的建设当然更要考虑经济的问题。工程技术要考虑经济方面的问题，就得考虑社会科学方面的问题。所以，工程技术不单纯就是自然科学的应用，它是自然科学跟社会科学的应用。

现代科学技术的体系的组成，除了自然科学、社会科学、工程技术，还有什么？现在，常常在报刊上、书刊上出现的一个词叫技术科学。对于技术科学的理解并不完全一致。我认为技术科学是什么呢？一方面，它应用自然科学的基础理论到工程实践的问题上去；另一方面，它又不同于工程技术。它常常是选择好几门工程技术里面带共性的一些问题来作深入的处理。比如说力学，无论是流体力学还是固体力学，都不是局限于应用到哪一门工程技术；研究水的流动，气体的流动，这是流体力学，在水利工程里面有用，在航空工程里面要用，在气象预报中研究大气的运动时也要用。所以，象流体力学这样一门力学，它是技术科学。此外，固体力学也如此，各个工程项目里，不论是哪一种工程，很多都要用固体力学，所以它也是技术科学。再说电子学，应用的范围就更广了，绝不只是一门工程技术用它，许多门工程技术都要用它。还有电子计算机科学、运筹学，等等，都是技术科学。

技术科学又有别于基础科学、自然科学，它是自然科学的基础理论的应用，是介乎自然科学和工程技术之间的，当然应该把它作为单独的一部分划出来。这样，现代科学技术的体系就有了四个部分：自然科学、社会科学、工程技术、技术科学。工程技术是综合自然科学、技术科学、社会科学三个组成部分的成果，直接用它来改造客观世界的。

但是，好象还有不足。不足是什么呢？就是数学。这里需要说明一下数学的特殊地位。不能够把数学归于体系中的上述四个部分，因为它在每一个组成部分中都有用。有人说数学是科学技术的皇后，给了它这么一个光荣的位置。不好把数学放在哪一个部分当中，只好把它单独出来作为数学科学。这就成了五个组成部分了，就是自然科学、社会科学、技术科学、工程技术，还有一个数学科学。

马克思主义哲学①

有了五个组成部分，整个体系好象还缺一点，还缺一点什么呢？就是对人类知识、理论的最高概括的马克思主义的哲学。这第六部分就应该是哲学。我在上一次讲的时候曾经把这个称之为“科学的科学”。有同志提出，不能这样说，因为“科学的科学”是杜林用过的词。我也想了一想，这不是原则性的问题，就不用这个词吧。总之，现代科学的体系是六个组成部分：自然科学、社会科学、技术科学、工程技术、数学，然后把这些由实践得来的知识最后提炼成为马克思主义的哲学。这样看来，马克思主义的哲学是有根的，它的根扎在哪里呢？扎在自然科学、社会科学、数学、技术科学和工程技术。

马克思主义的哲学不可能是一成不变的。自然科学、社会科学、数学、技术科学、工程技术在发展，它也要发展。我觉得这一点很重要。从历史上看，在哲学的发展中，好象哲学家常常以被动的方式来接受新的发展，好象每次科学技术的重大新发展都使哲学家受到冲击。哥白尼发现了地球和行星绕太阳运行，不是对哲学引起了强烈的冲击吗？以后每一次科学技术的重大发展都爆发了一场唯物主义对唯心主义的论战。就是在马克思主义的哲学已经建立之后，恐怕还是这样。电子的发现不就是这样嘛？“相对论”创立后的情景不也是这样嘛？电子的发现和相对论的创立没有被马克思主义的哲学家抓住用它来发展哲学，反而被唯心主义的哲学家歪曲为反马克思主义的哲学的口实。是不是这样的呢？好象是这样。这使我们不能不感到遗憾。直到二十世纪的五十年代，我们的哲学家还有一些被动。比如在苏联曾掀起一场对化学键共振论的批判，在国际上引起轩然大波并波及我国。现在看来，这场批判是错误的。又比如说“控制论”出现，对哲学又是一次冲击。那时候，我们有些哲学家批评“控制论”是唯心主义的。现在恐怕得收回了。这一浪刚刚过去以后又来了电子计算机，出现了所谓人工智能，这又对我们的哲学家来了一次冲击，又引起了很多混乱。实际上人工智能跟唯心主义是毫不相干的。说电子计算机能够代替人的一部分脑力劳动，又引起一些同志的反对，说是“机械唯物论”。但我们在这里讲的，通篇都说明计算机确实代替了人的一部分脑力劳动，这是客观事实，反对怎么行呢？

根据这样一些历史，我觉得我们对于马克思主义的哲学千万不要把它看成是僵化了的，一成不变的东西。什么是马克思主义的哲学呢？也就是人类社会实践的

① 钱学森：《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》，《哲学研究》1979年1月。

最概括的理论。随着人的社会实践的不断的发展，新事物的出现，当然要不断地充实、发展马克思主义的哲学。

我们又必须反复的强调，马克思主义的哲学既然是人类社会实践的最高的概括，它也应该对于发展自然科学、社会科学、技术科学、数学、工程技术有指导的作用。必须承认这个指导作用。

我曾经说过，物理学是基础自然科学更为基本的学科，因为现代物理的理论实际上构成了化学、天文学、力学、生物学和地学的基础。但是，有人反对。反对的理由，说物质运动是有不同的层次的，每一层次的运动有其特殊性，说物理是化学、天文学、生物学、力学和地学的基础，就否定了物质运动的层次了。是这么样的吗？我觉得不是。我们并不否认物质运动有不同的层次，每一个层次的运动有其特殊性。微观和宏观，死的跟活的，这是有区别的。但是，区别的界限并不是铜墙铁壁，不可通过。我举一个例子。在自然科学里面有一门很重要的学问叫热力学，这是研究宏观的物质的热运动的。在热力学里有一些基本的概念，象“温度”、“熵”等。“熵”的概念，在我当学生的时候觉得难懂。这个概念，用处确实很大，但是到底是什么东西？琢磨不透。一个“温度”的概念，一个“熵”的概念，在热力学里是很突出的，但是，“温度”和“熵”这两个概念在微观世界里面是没有的。比如说气体，我们这个屋子里面的空气，它是有温度的，它也是有熵的。但是，在我们这个屋子里的气体主要是由氮的分子和氧的分子所组成的。对一个一个的气体分子来说，没有“温度”，也没有“熵”，微观世界里面的氮和氧的分子运动不可能有温度和熵的概念。这就是说，物质运动的不同层次是有它的特殊性的。在微观世界里没有的温度和熵的概念，在宏观世界里就有了，后来我学习到物理里面的统计力学，这是研究从微观运动过渡到宏观运动的，就是从没有温度和熵的微观世界过渡到了有温度和熵的宏观世界，两个世界之间桥梁搭起来了。这个桥梁一搭，理论上就自然的出现了温度的概念和熵的概念。发现创立这门统计力学的是一个很有功劳的物理学家——波尔兹曼，奥地利人。后人为了纪念他的发明，在他的墓碑上就刻着他所发现的熵的公式。确实值得刻。

这说明一个什么问题呢？说明把物理作为一个基础，我们从更低一层的物质运动开始来考察上一层的物质运动，这并不是犯罪的事情，并不是不允许的事情，这并不是否定了物质运动的不同层次，而是把物质运动的不同层次认识得更深刻了。如果要不许用微观的概念，不许用统计力学的话，那么对“熵”的这个概念，只能够囫囵吞枣，闹不清是怎么回事。

我再讲一个与哲学有关的问题，就是关于宇宙概念。同志们知道了，我们太阳系是就够大的了。从太阳到地球有一亿五千万公里，就是光以每秒钟三十万公里的

速度走也得走八分钟。但是，在宇宙来看这还是很渺小的。我们的太阳只不过是作为银河星系（星的体系）里面千百万个恒星的一个。绝不能把我们的太阳系，把我们的地球认为是唯一的。在银河星系里，大概还不知道有多少个太阳，也不知道有多少个地球。别的星球上可能也有什么生物，也许比我们的人还聪明一些，只是现在我们没法知道，因为我们没法到那儿去。现在人类可以到月球上去，到火星上或者金星上去着陆，这都是可能设想的。但是，要想到离我们太阳系最近的一颗恒星上去，就是以每秒钟三十万公里的光速进行的话，也得要四年多一点，用我们现代火箭最快的速度走的话，那就得好几万年了，银河星系好象已是很大很大的了，但是，银河星系也仅仅是宇宙的沧海一粟。星系跟星系会集合成一个更大的集团。所以，如果说太阳系、恒星是一个物质层次的话，那么星系是更上的、更高一级的物质层次。星系以上呢？星系以上是半径为几百万光年的星系集物质层次，再以上是半径为几亿光年的星系集的集团；再以上还会有更高的物质运动的层次。可是，现在国外有的天文工作者，忽视这些物质结构的无穷层次，他们用爱因斯坦的广义相对论就推导出所谓宇宙膨胀理论，说现在我们整个的宇宙在膨胀，遥远的星系在离我们向外走，而且越远的星系走得越快。这种理论令人着急的是，居然算出来膨胀的起点大概在一百多亿年以前。如果要问一百多亿年以前怎么样，回答不出来了。我认为这样的理论是不符合马克思主义的哲学的。一个是时间有了起点了，这不是笑话嘛。再一个，认为物质的层次只限于星系，在上面再没有物质的层次了，都是均匀的了，这也不合理。所以说，自然科学的研究如果撇开了马克思主义哲学的指导是危险的。

在物理方面这类事情就更多了。大家都知道，物理学家曾经认为原子是到了头了，不能再分了。后来又发现原子也是可能分的，有一个原子核，原子核外面还有电子。又有人说，原子核和电子不能再分了。过了一阵子，原子核也是可分的，里面有中子和质子。这时候又有人说中子、质子不能再分了，中子、质子、电子这些就叫基本粒子。但是，事隔不久，又发现质子、中子也是可分的，基本粒子不基本，也是可分的。物理学家每到一个阶段都想停下来，说是物质不能再分了。从马克思主义哲学的观点来看，物质的无限可分性本来是常识，列宁早在七十年前就说过，电子也是不可穷尽的。可是现在我们的物理学家才看到了这一点，才意识到电子也是可分的。

所有的科学技术工作，自然科学、社会科学、技术科学、数学、工程技术，不用马克思主义的哲学来指导，或者不重视马克思主义的哲学对于科学研究的指导作用，是危险的。我们一方面必须认为马克思主义哲学本身是要发展的，它要随着人类社会实践的积累而发展。发展了的自然科学、社会科学、数学、技术科学、工程

技术，又影响马克思主义哲学的发展。这是一面。另一面，我们必须承认马克思主义的哲学在任何时候都对于科学技术的发展有指导的意义。这就是理论和实践的辩证的关系，科学技术的整个体系包括哲学。我们要研究这个体系的变化。六个组成部分，随着社会实践的发展还会有变化。至于说一个大的组成部分之中的科学的变化就更多了。我们研究科学技术的整个体系，就要研究：它当前的组成是什么？它发展的趋向是什么？要研究各个科学的发生、成长，最后消亡或者转化。

科　学　学①

我现在讲第三个题目：科学技术研究的问题。

我特别要讲一下的就是科学技术研究的系统工程。或者不用这个说法，就是科学研究工作的组织管理技术。这在整个科学技术的工作当中是一个很大的问题。

现代科学技术，这个庞大的体系比几十年前有很大的不同了。作为人类社会活动的一个方面，科学技术研究的重要性加强了，所涉及的人力、物力也越来越庞大。所以，怎么搞好科学技术研究的组织管理，这是很大的一个问题。正象其它系统工程一样，科学研究的系统工程，要靠一个理论科学。这个理论科学是什么呢？就是研究科学技术研究活动这个社会现象的历史发展和它的规律性，这就是我们说的“科学学”。

科学学就是把科学技术这个社会活动作为社会对象来研究，研究它的历史，研究它当前的发展和预见它可能的将来。所以，科学学的研究，科学学的建立是为搞好科学技术研究的系统工程所必须的。科学研究系统工程的难处，也就在于现在对于科学学，也就是对科研系统工程的基础理论研究得还很不够。科学学的研究应该受到重视。现在逐渐地有同志研究这方面的问题了。比如说，在今年第四期的《红旗》杂志上就有一篇赵红州同志的《试论社会的科学能力》的文章，里面讲的就是科学学的问题。他是分五个方面来讲的。第一，讲了科学家队伍的集团研究能力，就是科学家队伍的组织问题。第二，讲了实验技术装备的质量，也就是实验技术的问题。第三，讲了“图书——情报”系统的效率，也就是关于“图书——情报”工作方面的问题。第四，讲了科学劳动结构的最佳程度，也就是组织管理的问题。第五，讲了全民族的科学教育水平，就是说提高教育工作的水平。这五个方面的问题，很有启发。

在一个国家考虑怎样组织管理科学技术研究工作的时候，必须考虑的一个问题就是经济的效果。我们社会主义的国家，每一年分配给科学技术研究工作方面的

① 钱学森：《关于建立和发展马克思主义的科学学的问题》，《科研管理》创刊号。

经费到底应该是多少？这实际上就是一个要考虑科研经济效果的问题。建设社会主义要干的事很多，科学技术要干，其他的事也要干，到底以什么样的比例去发展呢？我觉得这个问题在我们国家是必须要研究的。从世界来看，比如，美国本财政年度，在这个财政年度科研发展所花的钱是五百二十五亿六千七百万美元，如果用美国号称的国民生产总值二万亿美元来算，就占国民生产总值的百分之二点六三。美国讲的国民生产总值，同我们所习惯用的工农业总产值比较起来还多包括了一些重复的项目。有人说美国实际的工农业总产值大概是一万六千亿美元。拿一万六千亿美元来算，科研经费占工农业总产值的百分之三点二九。我们国家到底占什么比例？这需要研究。不能够用我们在讨论经济计划、年度计划的时候那个“推平头”的办法，现在要砍百分之十五，大家一律砍百分之十五。或者说“切块”的办法，你去年是多少，今年你还是多少。这就没有理论了，不科学了。不是说我们的建设是有计划、按比例嘛，到底按什么比例，这确实是科学学里面要很好研究的问题。不把这些问题搞得清楚一点，就会影响科学技术研究工作的发展。

图书、情报、资料工作的现代化[①]

现在我给同志们介绍一下；现代的情报资料、图书、文献、档案工作是什么样子的，这在赵红州同志的文章里是第三个重要问题。

我们搞研究工作的都很清楚，情报资料、图书非常重要。我们很多科技人员觉得在现在的条件下，要把研究机构放在三线边远的地区是很困难的。因为在这样的一个条件下，要查资料是非常困难的。有很多科技人员，他的单位在三线，但是为了查一份资料跑遍全国。有时候一跑就是半年，甚至一年，很难找到他所要的图书资料。关于图书资料工作我们现在就处在这么一个落后的状态。在三线边远地区搞情报资料工作、图书工作的同志确实是很辛苦的，尽了他们最大的努力。有的在山沟里面交通很不方便，没有车路。我们的情报人员甚至把研究人员所要的图书资料装在背篓里面，用背篓商店的精神爬山涉水送到研究人员的手里。这种精神很感人。但是，背篓里面能够装多少图书资料？爬山涉水又要用多长的时间？ 这样解决问题恐怕不是个办法。所以，我们还是要用现代化的方法。尤其是现在，图书资料的数量比从前要大得多了。从前，我们的古人说过，藏书之多要“汗牛充栋”了。现在何止是这么一个情况呢？据统计，现在光是浏览一下世界上一年内发表的有关化学的论文和著作，一个化学家如果他每周看四十个小时，也要读四十八年。那些老办法我们都经历过了的，就是自己到图书馆去查资料，单干户的办法，自己做研

① 钱学森：《情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响》，《科技情报工作》1979年7月。

究工作，自已查资料。现在已经发展到这么一个程度，就是这种办法不能解决问题，只能由情报专家、图书馆专家、档案专家的专门组织来搞，这是现代社会的一个行业。

到底怎么组织？这就要用现代科学技术的办法。图书资料，一个是资料馆，一个是图书馆。我们第一个想到的问题可能就是选择、收集什么资料、图书的问题。这个问题现在是从另外一个方向来解决的。就是把整个图书资料组成一个体系，在这个体系里是什么书也有，什么资料也有，什么档案也有，无所不包括，那就不要选择了。

再一个问题就是图书资料的存储问题。古人怎么存资料？一个办法是靠脑子记，再就是写在纸上，印成文件，印成书刊，这些古老的存储办法，有一个优点，就是方便：存在脑子里面最方便了，你带着走；要是存在书刊上面、纸上面，那也方便，拿起来就可以读，可以看。但是，这种办法都有一个缺点，就是我们脑子能存的东西是比较有限的；如果说存在书上，书的量也不得了。古人说过“汗牛充栋”，恐怕现在不是“汗牛”，而是几十列火车也拉不了，不是“充栋”了，恐怕一所大楼也装不下。这个老办法不行了。现在能解决的办法只能是放弃直接阅读的办法，想法子大大增加信息存储的密集度。

如用摄影的办法，我们可以把一页印刷纸面的一页书缩小到面积只有一个豆粒大的胶片上，还可以进一步把几十页纸面的内容缩小到一颗豆粒大的面积上。我们现在有的缩微胶片，已经能够做到在105 × 148毫米^{2}的胶片上记录下三千二百页的十六开的印刷品。

还有一类就是用磁带记录，这是大家都熟悉的了。一卷三百六十米长的磁带，一般可以录四十分钟的讲话，这大概可以念六千字。但是，这还是比较低的密度。高密度的磁带技术，在半个手掌大的一卷磁带上可以录下一个人一天讲八小时，一共讲三百多天的信息量。

这样一些新的信息储存技术，比起古老的办法，其所需要的储存物质量只有万分之几，这就是一个飞跃的变化了。我们说的那个存储用的大资料楼，大藏书楼，就可以缩小到一个柜子了。当然这还不是极限，我们现在只不过把记录单元缩小到微米大小，就是一米的一百万分之一，一个毫米的千分之一那么大小。现在，由于大规模集成电路的发展，所谓微米的刻画技术，用电子术的技术已经完全可以做到了。我们如果用微米（百万分之一个米或者是一个毫米的千分之一）作为一个储存的单位，那么就可以做到象刚才说的这些储存量。但是，这个还不是极限，还可以缩小。最后缩小到原子的尺寸，埃的尺寸，即再要小一万倍，使得存储所需要的物质量还要进一步缩小上亿倍。这就是高密度的储存，现代科学技术是完全有可能解

决的。

但是，这些高密度的储存信息你不能直接阅读，得用间接的办法，用光电的技术来看写上的这些东西。存储信息可能是编码的，人不能直接读码子，这就要把这些储存的信息译成语言、文字或图像。这种装置就叫做“终端”，有点象彩色电视机，但它还有键盘，有控制盘。这个终端就可以安在我们要查询资料的人的面前。从这个终端对资料库（就是那些储存记录所在的地方）有电话通道，需要查询资料的人在终端击出一个信号，说要找什么题目的材料，这个信号就传到资料库里去，然后资料库就把所有的资料里面关于你要的这个题目的材料显示在终端的屏幕上，告诉你：资料库里关于你要的这个题目的资料有一、二、三，四、五、六……十几个项目，供查资料的人选择，他可能对第三项、第四项、第十一项感兴趣，于是把这个信号再发回到资料库。再下一步，资料库就在终端屏幕上显示出第三项的摘要，第四项的摘要，第十一项的摘要，供查资料的人再选择。这三项里面，他最感兴趣的比如说是第十一项。他把这个信号再发回去，然后在终端显示出第十一项的资料的详细摘要。查资料的人看了这个详细摘要以后，如果已经能解决问题了，那就完了。如果还要全文，就再发一个信号回去。然后，终端的打印机就把全文打印出来。整个这样一个查询的过程，在终端上前后大概半小时左右的时间就够了，短的话几分钟就完了。那就不再是我们现在这种爬山涉水，半年一年都找不到的情况了。奥妙就在于以前查资料用人工，现在用电子计算机。用电子计算机把资料编成码然后再用电子计算机来查。这就是所谓图书资料、情报、档案、文献的检索系统。比如说美国的《纽约时报》，就有一个这样的系统。

当然，要把这个系统整个组织起来，还要靠通信系统。终端要安在使用单位，而资料库投资是相当大的，只能设在中心位置。从终端到中心库当然要有通信线路。通信线路把终端、电子计算机和存储库组成一个体系，也就是情报资料、图书、文献和档案的自动化体系或自动化检索网。这样的体系，现在国外已经在组织。比如说欧洲，西欧的几个国家就有跨国的组织，在英国可以查意大利的资料，在法国可以查西德的资料，是跨国的。利用通信卫星，我国也可以和这些跨国性的网连通起来。

图书、情报、资料的自动化检索，并由此沟通全世界，形成全球性大体系，是现代科学技术研究当中必须要解决的一个问题，因此要求检索编码标准化。这就给我们提出了一个要赶快研究的问题，汉字编码怎样标准化的问题。现在对于研究汉语怎么编码大家提出的方案很多，有的是用拼音文字的，有的是用汉字的特点即用偏旁的，共有几十种，还定不下来。这里的问题是方案的选择和汉字的改革有密切的关系。最好是编码方案能和简化汉字、汉字改革联系起来。这个问题确实是需要

各方面来研究的，光是搞情报资料工作的同志来研究那是不够的。

我们要参加世界性的网，这样才能提高效率。既然要参加世界网，那就有一个参加什么的问题，总有一些是我国地区性的，不必参加世界交流的。参加什么，不参加什么，一开始就要搞清楚。参加世界交流的编码同国内交流的编码是不一样的。国内交流编码是内部的。如果有密级，不同的密级又有不同的编码。这样一个体系运转起来，才能够既有必要的保密，又能够实现交流。

再有一个问题就是为了建立起这样一个现代化的信息体系还要发展我国某些相应的工业。比如贮存技术，即缩微胶片、磁带技术。还有终端工业、复制机工业等。我们国家现在好多单位都在搞复制机，但是没有一个部门管复制机。结果还是过不了关，还得买外国的复制机。这个问题也要解决。

文化水平的提高①

要直接看外国的资料，就要提高科学技术人员阅读外文的能力，这个问题现在受到普遍的重视了。怎么样更有效地学习外文？现在大家普遍都在用的是什么“九百句”之类的办法，这是坑人的。学了很久也看不懂外文资料，办法不对头。恐怕要研究一下怎样学好，不同的对象要有不同的学习办法。绝大多数人学外文就是为了看外文资料。当然有一些准备出国学习的，这又是一个要求了；还有准备做口译工作的，要求又不一样了。还有准备做文字翻译的，那又不一样。对不同的对象要有不同的学习办法，不是现在我们大家在电视上课用的那个普遍一律的方法。

当然，还有一个问题，我们要培养现代化的科学技术情报工作的专业人员，即“信息科学技术”的专门人才，信息专家或者信息工程师。解决了上面这些问题，我们就可以把图书资料、档案的工作现代化了。我们希望在不远的将来，这个问题能够逐渐地得到解决。

上述一大套发展，将会把我们引到一个什么样的世界？我们从生下来到现在，这一辈子都是靠用脑子来记以往人类和自己社会实践的经验和由此而产生的知识。作为一个脑力劳动者更是如此。古人夸一个学者“博学强记”，就是说他脑子里记的东西多；可见用脑子来记住学问、知识的重要性。一个人能够记住东西的能力是不同的，有的多一些，有的差一些。但是，总的说都是有限的。比起整个人类千百年积累的知识量来说，一个人的脑子，不管有多么强的记忆力，能记的东西也不过是沧海之一粟。所以，前人感叹地说“皓首穷经”。但是，如果刚才说的图书、资料、档案、文献工作能够建立起来，我们就能从一个繁重的脑力劳动中彻底的解放

① 钱学森：《重视科学文化 发展“第四产业”》，《人民日报》，1981年6月17日。

出来了，因为查资料方便得很，用不着再费脑子去记了。你只要第一：学会怎么用这些查资料的本事；第二：对于整个知识的领域有一个了解，知道要查的东西往哪个方向去找。

情报资料、图书、文献、档案等，包括不包括文学？　当然包括。小说也可以藏在缩微胶片上。包括不包括绘图？当然也包括。包括不包括音乐？乐谱、录音、录像都包括。也包括文物档案。甚至通过所谓全息摄影也可以包括造形美术如雕塑等。这样一种信息体系简直可以包括人类千百年来所创造的、而且正在不断创造的全部精神财富。而且，通过这样一个体系，对这全部的精神财富可以由我们每一个人随手调用和享受。我们不但从旧的繁重的脑力劳动中解脱出来，而且获得了一个伟大的新世界，每一个人都可以达到从来未有的高度文化的新世界。这个变化将是巨大的！

电子计算机能办的事

现在我讲第四个题目：讲一讲人和电子计算机的分工协同问题。

电子计算机的使用在前面各节已经多次谈到，我们现在要问：电子计算机到底能干什么事？人能叫电子计算机干什么事？这就涉及到电子计算机的计算是按什么规矩进行的？总不能叫电子计算机做它计算规矩之外的事。数学的推理规章，是数理逻辑或者叫数学基础学。这门学问当然也不是幻想出来的，而是人类上百万年，特别是最近几百年的历史当中，在亿万人的社会实践当中总结出来的道理。它代表了人们对客观世界的认识。这门逻辑学、数理逻辑，代表了我们对世界中各种运动规律的认识。逻辑学是发展的，数理逻辑也是发展的。数理逻辑不过是用数学的形式把逻辑学形式化了。应用数理逻辑，我们能得到一个结论，就是所有用数理逻辑可以办的事情，电子计算机也都能办。这是非常重要的一个结论。在没有电子计算机的时候，我们常常碰到计算太烦了，推理太烦了，因此要进行大量研究工作去找捷径。现在有了电子计算机，我们就从这类劳动中解脱出来，只要有道理，不论是聪明的道理还是笨的道理，反正上了电子计算机原则上总可以把结果搞出来。当然，这只是讲原则上，就是现在每秒钟运算一亿次的电子计算机，那是很大的电子计算机了，但也有数理逻辑说能够做的题目，它做不了，或者计算的时间太长。

早在一百多年前，数学家就发明了一个猜想，这个猜想就是所谓“四色定理”，说画地图，不管多么复杂的地图，只要四种颜色就够了，三种颜色不够，五种又太多了，四种正合适。在以前，数学家要证明这个定理碰到很多困难，因为一步一步推理需要做的事太冗长了，以至于一个数学家一生也做不完。所以，这个猜

想只能够说可能是对的，但是没有得到证明。一直到一九七六年，美国两位数学家才用电子计算机完成了这个定理的证明，这是用电子计算机费了一千二百个小时，做了二百亿个逻辑判断，才完成的。有人估计过，要是没有电子计算机，用人工算要用三十万人年，也就是一个人要搞三十万年。这是按每日工作二十四小时，不睡觉算的。这是说明电子计算机能办的事的一个很好例子。

这种情况在技术科学的研究当中也是出现的。我们过去搞应用科学的研究，要解决一个实际问题常常发现所需要的计算量太大。怎么办呢？于是就这样选择一个模型，这个模型只把现象的主要矛盾或者必要的次要矛盾包括进去，把其他一切可以舍弃的东西舍掉，以便简化问题。有的时候，就是这样做了，计算量往往还是太大。那怎么办呀？只有再牺牲一点问题的精确度，再简化一点，以求最后有一个不太准确的结果，总比没有结果好嘛。现在有了电子计算机，改变了这个情况，应用科学，基础科学，工程技术里面都广泛的用电子计算机，用电子计算机可以算得比以前更精确得多，解决问题快得多。现在连工程技术设计的绘图也是用计算机来绘的。

这里我说一个例子。最近我国空间技术代表团到美国去谈判进口通信卫星。在美国有好多公司来做买卖，代表团就跟他们提出这颗卫星的性能要求，请他们投标。头天这么讲了，第二天代表团到那个准备投标的公司去参观时，一坐下来，就发现每个人面前都摆好了一厚本子，这是根据中国代表团对卫星提出的要求搞的投标报告，整个卫星及各组成部分的技术性能、尺寸大小，以及需要多少钱都算好了，而且印好了。我们的代表团就很吃惊，说怎么搞得这么快呀？公司的经理就对我们说：这很容易，计算程序事先都排好了的，放在电子计算机里，你们昨天下午跟我们讲了要求，我们打了一个电话把这些要求的数据告诉我们主管的人员，输入电子计算机，按几个按钮，结果就打印出来了，图也画好了。

总的说起来，凡是能讲清道理的、有逻辑的事，也就是一个好老师能通过讲解教给他的学生的，也可以“教给”电子计算机去做。《北京日报》最近报道，北京地区的科技工作把著名中医关幼波教授（著名的肝病专家）治疗肝病的整套理论、经验都“传授”给谁了呢？不是传给了一个学生，而是传给了一个电子计算机。现在这个电子计算机就根据关教授的理论和经验，把肝病的八个主型，三十六个亚型，还根据病人的不同情况来调整他们的处方，大概可以开出二亿多个不同的处方，而且经过关教授鉴定，是正确的。看病人，让机器开处方，开完处方给关教授看，问开得对不对？关教授一看说：开得好呀！

这样一个例子很有说服力。很形象地说，就是所有能够讲出道理的事都可以传给电子计算机去做。可能有这样的问题，就是太复杂了，现在的电子计算机的能力

还不够，那么下一代的计算机可能做到。若还不行，则再下一代，总可以做到。从数理逻辑上能够讲清楚的问题，我们迟早都可以让电子计算机去做。在命题、模型这一些工作建立起来以后，推理、证明和演算，都可以让电子计算机去做。

思　维　学①

最后剩下的不能让电子计算机解决的问题，就是连专家、连老师自己都讲不清楚的问题。问题你讲不清楚，电子计算机也没法做。用电子计算机能够解决的问题，也就是数理逻辑能够解决的问题。这是人的思想里面叫逻辑思维或者抽象思维的那一部分。这个名词不一定恰当，但是习惯叫逻辑思维或者抽象思维。但是，人的思维远远不只限于这一部分。第一，作为一个科技工作者来说，我有这个体会，就是在建立命题、模型的过程中，突发性是很重要的。我没有法子把它定个什么说法，就叫做创造性吧。当然，这在别的国家，在资本主义国家，常常叫灵感了。灵感，“神灵的感应”，因此大家常常不大愿意听。哪有那回事呀，有什么神灵的感应呀。灵感当然也是从实践来的。就是这个创造性，突发的创造性，讲道理讲不清楚。它不是逻辑思维，是另外的一种思维。但是肯定也是从实践当中来的。因为很清楚，要不是从实践当中来，小孩子刚一生下来不就能灵感一番，就能创造了吗？没有这样的事情。老师跟学生说，这一部分我没法教你，你自己去搞吧。什么叫搞？搞也就是实践嘛，无非碰嘛，碰来碰去，嗳，碰对了。从前鲁迅先生就讲过他怎么学习做文章，说他的老师从来没有教过他写文章怎么写。反正是天天写，写来写去，写来写去，后来他说老师在他的文章上面用红笔画圈画得多了，最后不改了，尽画圈了，行了，这就叫学会了。我们做科学技术工作，做研究工作，如果要教学生，教学生怎么创造这就没法教，只能要学生自己在实践当中学会。

文艺工作者，艺术家说的形象思维恐怕现在也是属于这个范围，说不清楚。是不是永远说不清楚？我不相信永远说不清楚，我们只是还没研究这个问题②。我们要把逻辑学扩大为思维学，包括一部分我们已经研究得很多的而且很有成绩的逻辑思维，还要包括其他的人的思维过程。这在外国已逐步地引起重视，他们是从搞机器人、人工智能这个方面考虑的。搞人工智能、机器人，就要搞一个人工智能、机器人的理论。这个理论，他们叫认识科学。我们用“思维学”可能确切一点，就是包括逻辑思维，也包括其他的各种思维过程，象形象思维等等，研究它们的规律。

---

① 钱学森：《自然辩证法、思维科学和人的潜力》，《哲学研究》，1980年4月；《系统科学、思维科学与人体科学》，《自然杂志》，1981年1月。

② 钱学森：《关于形象思维问题的一封信》。《中国社会科学》1980年第6期。

怎样研究这个规律？一条途径是宏观观察和试验的方法，即心理学的方法，从心理学的角度来研究人的思维过程。再一条途径就是用微观的方法直接来研究人脑，即神经生理学和脑神经生理学的方法，这在最近发展得很快的，尤其有了电子计算机在旁边作为研究参考、电子计算机是怎么工作的，然后再反过来看人脑是怎么组织的。现在说人脑大概有一百亿个神经细胞元，每一个神经细胞元又有几千个胞突接触。每一对胞突接触实际上又等于是起了一个信息开关的作用。所以，人的脑子大概有1014个开关，就是一百万亿个开关，其复杂的程度比我们现在最复杂的电子计算机还要高，而且这是个简单的描述，里面到底是怎么结构的，现在还正在研究。

利用现在的研究工具完全有可能对于人脑的作用进行深入的分析，探索它的作用。一条路是心理学，这是宏观的方法，还有一条微观的道路，真正分析到脑的细胞元的作用。从这两条路共同来研究人的思维过程，我想是有希望的。这样就可以使我们从已有的概念当中慢慢的解放出来。我们可以逐步地认清楚人脑和电子计算机有什么区别，让电子计算机跟人脑有一个恰当的分工。不象现在，我们不太清楚，也许我们没有发挥电子计算机的最大作用，我们也同时没有发挥人脑的最大作用。我们把分工搞得很不合理。如果我们把思维学，把人脑的作用搞清楚了，有朝一日我们也会把人的创造性之所在搞得更清楚一些，当然我们就可以把人跟电子计算机的分工搞得更合理一些了。

也许又有人说了，机器能够干的事越来越多了，而且象在前面讲过的那样，用脑子记住知识也不必了，那人还干什么？我是不担心的：人从笨重的脑力劳动解放出来之后，人脑总是要向前发展的。比如说，现在的人，脑子恐怕比我们祖先的脑子好一些吧。在原始社会，人的脑子能够想的事比我们总是少一些。而且已证明，人的脑子就是在现代还是在不断的发展的。比如说脑的重量，这个人的脑子比那个人的脑子重，并不意味着这个人比那个人更聪明一些，这是事实。但是，我要说的是脑的平均重量，一代一代的平均的脑的重量是在增加的，这证明人脑子还是在发展的。最近看到一个统计资料，现代英国人，成年男性的大脑平均是一千四百二十四克，每年平均递增零点六六克。成年女性的平均脑重量是一千二百四十二克，每年平均增长零点六二克，都在增长。所以，不必担心被机器做了一部分事情以后，人脑子就没有事做了。人的脑子还会不断地发展。

后语

用十个小节讲了四个方面的问题之后，也许对一开始那个提问，也是我在前次

在中央党校讲时最后的提问："现代科学技术所用的这些研究手段、方法、特别象电子计算机这个工具能不能够应用于社会科学的研究，能不能够为社会科学研究和发展提供一些值得参考的东西？"答案该是明确的了，能。现代数学理论和电子计算机技术通过一大类新的工程技术——各种系统工程，显示了巨大的威力，为人类改造客观世界加添了极其有用的工具。不但如此，这些新科学技术的发展还在改变着整个包括社会科学在内的现代科学技术的面貌，改变着现代科学技术的结构和体系。在国外有人称这些新科学技术为"软科学"，这也许是因为这些科学技术都在实践中要靠电子计算机，要靠计算机程序，即软件，来办事。

也许"软科学"还有另外一层意思：软科学的特点，在其研究对象都是复杂的体系，庞大的体系，研究又着重于组成体系或体系的各部分之间的相互关系和影响，着重于体系或体系的运动和发展。我们不但象恩格斯在近一百年前讲的，认识到世界是过程的集合体，而且进一步，找到了具体地、定量地、准确地分析这些过程集合体的方法了，建立了分析研究这些过程集合体新的科学技术了。恩格斯提出的整理材料的科学，把客观世界作为一个伟大的过程的集合体，这一光辉思想经过一个多世纪的培育，终于开了花。

但如果我们问：是什么触发了这场伟大的变革？从以上陈述的事实来看，触发这一变革的是电子计算机。是蒸汽机技术革命带来了十八、十九世纪近代科学技术的飞跃发展，那么带来了目前现代科学技术飞跃发展的电子计算机当然是一场技术革命。而计算机技术革命正方兴未艾，这里讲到的可能发展只是知其一不知其二，挂一漏万罢了。今天我们不但正处在自然科学领域内许多重大突破的前夕，而且还正处在社会科学领域的许多重大突破的前夕，因此，我们满怀信心和喜悦，憧憬着二十一世纪的到来。"日出江花红胜火，春来江水绿如蓝！"

参 阅 资 料

在正文页注引用的文章，再在此按时间次序列出，以便查阅。这些文章都是在中央党校讲课之后，进一步发展写出来的，可作为补充讲材。

1、钱学森：《现代科学技术是社会化的科学技术》，《科学实验》，1978年1月。

2、钱学森：《作为尖端科学技术的高能物理》，《光明日报》，1978年3月15日。

3、钱学森、许国志、王寿云：《组织管理的技术——系统工程》，《文汇报》，1978年9月27日。

4、钱学森：《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》，《哲学研究》，1979年1月。

5、钱学森、乌家培：《组织管理社会主义建设的技术——社会工程》，《经济管理》，1979年1月。

6、钱学森：《现代化和未来学》，《现代化》，1979年6月。

7、钱学森、王寿云、柴本良：《军事系统工程》解放军总部机关领导同志学习办公室印，1979年7月24日。

8、钱学森：《情报资料、图书、文献和档案工作的现代化及其影响》，《科技情报工作》，1979年7月。

9、钱学森，《大力发展系统工程，尽早建立系统科学的体系》，《光明日报》，1979年11月10日。

10、钱学森：《现代化、技术革命与控制论》，《工程控制论（修订版）》序，科学出版社，1980年。

11、钱学森：《论科学技术研究的组织管理与科研系统工程》，《系统工程与科学管理》，1980年1月。

12、钱学森：《科学技术现代化一定要带动文学艺术现代化》，《科学文艺》，1980年2月。

13、钱学森：《关于建立和发展马克思主义的科学学的问题》，《科研管理》创刊号。

14、钱学森：《自然辩证法、思维科学和人的潜力》，《哲学研究》，1980年4月。

15、钱学森：《用科学方法绘制国民经济现代化的蓝图》，《计划经济研究》（11），1980年6月17日。

16、钱学森：《关于形象思维问题的一封信》，《中国社会科学》1980年6月。

17、钱学森：《从社会科学到社会技术》，《文汇报》，1980年9月29日。

18、钱学森：《系统科学、思维科学与人体科学》，《自然杂志》，1981年1月。

19、钱学森：《再谈系统科学的体系》，《系统工程理论与实践》，1981年1月。

20、钱学森：《重视科学文化 发展“第四产业”》，《人民日报》，1981年6月17 日。

21、钱学森：《现代科学的结构——再论科学技术体系学》，《哲学研究》，

1982年3月。

22、钱学森：《科学革命、技术革命与社会进步》，《世界经济调研》1982年第26期。

23、钱学森：《我国的国家功能结构体系——再谈社会工程》，红旗杂志社《内部文稿》，1982年第14期。

24、钱学森等著：《论系统工程》，这是包括了以上许多文章的文集，由湖南科技出版社于1982年底出版。

选自中共中央党校哲学教研室：《现代科学技术》（第一辑）第51～96页，1982年9月。

现代科学技术的结构（Ⅱ）①

现代科学技术体系框架

上次主要讲了一些历史发展的情况，或者说不是现代科学技术而是近代科学技术。近代是有别于古代，古代一般是指希腊，文艺复兴以前。近代就是西欧文艺复兴之后，即16世纪开始，西方世界资本主义萌芽。上次讲的第一点是自然哲学到自然科学的转变；第二点是马克思和恩格斯创建了科学的社会科学；第三点是自然科学与工程技术应用结合起来产生了自然科学这个部门里的工程技术，直接改造客观世界的技术，工程技术作为科学是在上个世纪末开始的。到了本世纪前半叶，蓬勃发展的是技术科学，介乎自然科学的基础科学和工程技术之间，对于基础科学它是应用的，对于工程技术它又是理论。这样就讲到科学的每个部门看起来有三层，最直接改造客观世界的是工程技术，然后更理论一些的是技术科学，那么技术科学和工程技术的更基础的理论就是基础科学。上次主要是讲了这些内容，也讲了有些要求变革的、发展的倾向。看起来这么一个架子，即自然科学部门，社会科学部门。自然科学又分三个层次：工程技术、技术科学和基础科学。这么一个结构需要充实、深化。今天就具体讲这一部分，即现代科学技术的体系，也就是今天的科学技术的体系。我讲的这些不是定论，是我根据现代科学技术的发展提出来的意见，这个意见不见得是大家都能接受的。我这也是抛砖引玉，所以这点要讲清楚，这不是定论的东西。上次讲的那些是大家比较公认的，今天讲的是新的发展，还不是大家公认的，可能今后还有补充和变化，到最后真正建立现代科学技术的体系恐怕还得若干年。但根据历史唯物主义的看法，我认为到那时这些现代科学技术的体系被大家都接受了。恐怕这个东西也就差不多了，就是说又有新的东西要来代替它了。

今天还是从上次讲的概念开始。

自然科学里的工程技术是一个台阶，然后上一个台阶是技术科学，再上一个台阶到基础科学，最后、最高的是马克思主义哲学。马克思主义哲学是人认识客观世界的最高概括。所以最高、最原理、最概括的是马克思主义哲学。第二栏是社会科学，还有很多其他的要进来，首先要说的是数学，上一次讲了因为在社会科学里也

① 这是钱学森1983年3月28日在人体科学讨论班上作的学术报告。

要用很多数学，用数学的方法，所以数学就不是自然科学所独有的了。既然不是自然科学独有的，社会科学也用，那么怎么划呢？那就把数学单独划出来，所以第三栏就是数学科学。这边要写一些翻成英文的名称，有些没有问题啦，新的也可能不是公认的，是我诌的。自然科学叫Natural Science，社会科学叫Social Science，数学科学这个词是有的，就叫Mathematical Science。如果数学科学也按工程技术、技术科学、基础科学来分，恐怕有些困难，因为数学用在改造客观世界上是跟其他的工程技术联在一起，它自己单独用于改造客观世界，这很难设想。所以在数学科学这一栏里，这儿是没有的，它到了其他的方面去了，当然是双向的箭头，因为应用固然是从理论来，应用的发展也会影响理论。这样，基础科学中本来是数、理、化、天、地、生，这个数就没有了，就成了理、化、天、地、生。上一次也讲过，在技术科学领域里有力学，或清楚一点叫应用力学、电子学等。工程技术里就多了，比如水力工程、土木工程等。到社会科学这一大部门，以前考虑的都是在基础科学领域内，因为以前社会科学好像是用来理解社会中发生的事情的历史、相互的关系以及现在的情况，仅仅是一个认识。社会科学，在以前恐怕可以说一直到现在，在理论上有辉煌的成就。但是社会科学家不像工程技术人员、自然科学家那样，他说的改造客观世界不是那么直接的。具体点讲，比如我们的国民经济发展计划应该怎样制订？对于这个我们的社会科学家发表一些议论，但是具体的计划的制订，他是不参加的，或者他是顾问，不是直接参加者。这一点我认为比起自然科学部门里的工程技术人员，我们的社会科学家做得很

现代科学技术体系结构

<table>
<tr><td rowspan="10">马克思主义哲学</td><td>桥梁</td><td>基础科学</td><td>技术科学</td><td>工程技术</td><td colspan="2">科学部门</td></tr>
<tr><td>自然辩证法</td><td>理、化、天、地、生</td><td>应用力学、电子学</td><td>水利工程、土木工程</td><td>自然科学</td><td>Natural Science</td></tr>
<tr><td>历史唯物主义</td><td>……</td><td>?</td><td>?</td><td>社会科学</td><td>Social Science</td></tr>
<tr><td>数学科学</td><td>……</td><td>计算数学</td><td></td><td>数学科学</td><td>Mathematical Science</td></tr>
<tr><td>系统论</td><td>系统学</td><td>运筹学（控制论）</td><td>系统工程</td><td>系统科学</td><td>Systems Science</td></tr>
<tr><td>认识论</td><td>抽象（逻辑）思维
形象（直感）思维　思维学
灵感（顿悟）思维
信息学</td><td>模式识别
科学方法</td><td>人工智能等</td><td>思维科学</td><td>Cognitive Science</td></tr>
<tr><td>人天观</td><td></td><td></td><td></td><td>人体科学</td><td>Anthropic Science</td></tr>
<tr><td>军事哲学</td><td>军事科学</td><td></td><td>军事系统工程</td><td colspan="2">军事科学</td></tr>
<tr><td>美学</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">文学艺术</td></tr>
</table>

不够。像我们这样的社会主义国家，国家和人民的利益是完全一致的，国家的

计划就是为了人民的利益。这样，我们完全可以科学地制订国民经济发展的规划，当然现在很全面，叫国民经济和社会发展的计划，比如现在的第六个五年计划，叫国民经济和社会发展的第六个五年计划。这是要很全面地估价，到底应该怎么办，怎么制订计划和各方面具体的发展，财政收入怎么样，收入怎么分配，具体建设哪些项目等。从前，或者说直到现在，我们的社会科学家在这些问题上仅仅是一个顾问，他自己很少动手干。具体干的也有许多人，但这些人不认为自己是社会科学家，叫什么？叫实干家。我多次讲过这样的情况是不合适的，我们的社会科学家应该向自然科学家学习，直接参加到改造客观世界的斗争中去。这样的摆法，画这样一个表，就是提出社会科学的工程技术和技术科学是什么，这很清楚这儿是缺的，缺的就是不好，应该来补充，或者说现在的社会科学部门里的这个情况有点像自然科学在100年前情况，或150年前的情况。自然科学的基础科学是建立起来了，有很大的成绩，但对实际应用参加的很少。所以社会科学这一部门应该从自然科学的一个世纪的前后发展得到启发，要加强工程技术即直接改造客观世界这方面的工作。所以我提出不光是叫社会科学，而是叫社会科学技术。我也写过一篇文章，叫“从社会科学到社会技术”，就是强调要动员我们的社会科学家来直接参与改造、建设我们国家的计划，还要像工程师一样画蓝图，还要制订我们社会主义建设的蓝图。也因为这样一个设想，所以我把建设社会主义这样的任务叫作社会的系统工程，简称社会工程。这是一项工程嘛，当然要搞社会工程，需要社会科学家，也需要自然科学家，还需要其他方面的科学家，但是社会科学家要参加到社会工程这个伟大的工作当中去，来发展社会的技术，社会科学到社会技术，也就是把那个问号抹掉，要变成时代的东西。有了社会工程这样的事情，那么直接为社会工程服务的许多科学，就是社会科学里面技术科学这一层次的东西。我从前也建议过，即社会科学里面的技术科学，至少我可以讲一种，是叫社会主义的国家学。社会主义的国家学就是怎样建设社会主义，社会主义的国家应该是怎样组织的。当然还有其他的社会科学的更详细的技术科学的部门，比如社会主义法制、社会主义的法学等，实际上就是社会科学的技术科学。一个国家还有其它各个方面，总的是国家学，国家学又分成几个方面，如法制、外交等等。这就是说画了这个表后，从自然科学的100年的发展得到启发，我们可以清楚地看到现在的社会科学发展的情况还是不够的，还有很多工作要做。我们也有些知名的社会科学家讲过这样的话，说是社会科学要参与国民经济计划，国家大政方针工作，最后是几篇文章。我们是写文章的，研究了以后写几篇文章。我觉得这个非常之差劲，写几篇文章就完了。假如我们搞葛洲坝这么大的水利枢纽工程，那个总工程师最后就写两篇文章就交了，那行吗？他们的思想状态就是那样，好像他们是个虚的。就议论议论。我说这不行，我们要把社会科

学变成实的，不能光写两篇文章就甩手不管了，那行吗？这就需要在社会科学领域内大大发展。研究体系嘛，你把它一摆就清楚了，缺，为什么缺，我打了很多问号的那地方为什么缺，就是我们以前对社会科学的认识恐怕不完全，没有足够的强调社会科学要用到直接改造客观世界的这些计划、实施、实践当中去，在实践中考验这个理论到底对还是不对。对，好；不对就要改。这个大部门这么一摆就看出来这里有问题，另外由此就清楚地看到，研究科学技术的体系，会给你启发，所以研究科学体系很重要。

刚才已经讲了第一个大部门只是最传统的、最老的自然科学技术，第二个大部门是社会科学，我们还要把它变成社会科学技术。由于社会科学也用了大量的数学，那么数学就不能单独地列入自然科学里头，要把它从自然科学里请出来，单独成立一个部门即数学科学。那么有没有技术科学？我想是有的，比如现在要结合电子计算机，这儿应该填上计算数学，这是很热门的东西，这实际就是技术科学。计算数学告诉你一个数学问题，要用计算机来算，怎么一个算法最好，它是研究这个问题的。它是技术科学啦，因为它是数学的基础的应用，而它又不针对哪一个算的题目，它是一般地讲哪一类题目怎么算法，常微分方程怎么算，偏微分方程怎么算，还有其他更复杂的东西怎么算，告诉你这个。所以它又是应用，但又不是事物的具体应用，它应用的面比较广，所以它又是基础科学。

系统科学的概念

下面还有更多的新的部门，这个新的部门就是系统科学，英文名字叫Systems Science。什么叫系统科学？系统科学开始并不叫这个名字，在1978年即五年前我们提的不是系统科学，而是系统工程，即直接改造客观世界的工程技术范围内的系统工程。系统工程就是用现代的方法解决很多以前不叫工程技术而是管理人员或调度人员，或经济计划人员用的一些从经验上累积起来的一套办法来做一些规划、计划、调度、管理这些事。上一次讲过，这在第二次世界大战期间和以后有蓬勃的发展，也是用科学的方法、数学的方法来解决从前多少是凭借经验来解决的问题。它的英文名字就很多，叫得也很乱，所以1978年我们决定把它整理一下，把所有这类的工作叫系统工程。系统工程的种类很多，比如和同志们的工作有关系的，XX部的总体设计部，他们搞的是总体工程，总设计师要靠一个很大的班子，即总体部。总体部干什么事？就是设计一个型号，所有各个阶段的计划、方案都是在它那儿研究的。以至于到实验、定型、生产，都由它管，它是一个参谋部。总工程师、总设计师要靠它这个大参谋部的支持才能进行工作，光总设计师一个人，或加上几个副设

计师干不了。这类工作我们把它叫作工程的系统工程，就是解决一项设计工程里的系统工程。关于一个企业的管理，一个工厂的管理，一个生产单位的管理，如首都钢铁公司，这叫企业管理的系统工程，或叫企业和系统工程。对所有组织、管理、运行这类问题进行科学的解决，这都是系统工程。内容不大一样，但基本精神一样，即用系统的方法，科学的方法，数学的精确的方法来解决。1978年我们宣传的是这么个概念，即社会主义建设里需要提高我们组织管理的能力，而组织管理里而不能光靠从前的凭经验的方法，而是要用科学的、数学的方法。当时我们把直接和作为各种系统工程的理论基础的东西叫运筹学。当时也有许多搞控制的人讲系统工程很重要的是控制。所以他们说应该把控制论也作为系统科学的技术科学，也就是系统工程的理论基础，这也有道理。主要的是在第二次世界大战中发展起来的所谓运筹学，就是用数学的方法，具体用什么样的数学技巧来解决系统工程里普遍出现的各种类型的问题。我们在1978年提出这么一个结构，当时是想，外国用的名词很乱，他们就吵，有的用运筹学这个字（Operational Research），简称O・R，系统工程是Systems Engineering，在美国这两个词混得很厉害，他们直打架，有的赞成用这个词，有的赞成用那个词，结果打得不可开交，许多报告、期刊就干脆折衷[①]，怎么写呢？就这样写Systems Engineering O・R．我们在1978年觉得这个办法不太好，权衡起来，系统工程嘛是Systems Engineering，运筹学更多的是一种数学方法，所以我们在工程技术方面叫系统工程，在技术科学方面叫运筹学。当时我们写了这篇文章也有段插曲，发表时编辑让我们作者自己写一个编者按，我们先起了一个稿子，我们的意思是这样的：系统工程和运筹学这两个名词在国外用得很混乱，我们想在这里把它明确下来，有个区分。大家可以回想，在1978年下半年那么一股风，外国人高明得很，不能批评。我们这个编者按草稿有点批评外国人，所以编辑觉得不妥当，他自己又写了一个含糊其词、不解决问题的编者按。这又说到我们国家这种不科学的风气，看风向怎么刮，编辑就怎么说。我们觉得外国弄得很乱，比如他们还有一个词叫系统分析，系统分析和系统工程到底有什么区别呢？和运筹学有什么区别也没有说清。应该说系统分析是解决一个问题的了，是一个应用的东西，结果，还有一个很奇怪的组织，是联合国的组织，叫IIASA（International Institute of Applied Systems Analysis）国际应用系统分析研究所，这实际很荒谬，系统分析本来就是应用的，怎么还叫应用的系统分析，所以外国人胡起名字，也是乱七八糟。这还是联合国的一个组织，在奥地利的维也纳。他们往往是谁都可以提出一个说法，说了以后不讲理，自己吹自己的。在我们国家不要学他们这种乱起名字的风气，弄得很混乱。也就是说不要以为外国人很高明，外国人有时是很不像样子的，咱们不要跟着

① 此“衷”字系笔误，应为“中”字。——编者

跑。到1979年我们对系统的这些应用就到了这样的阶段。那么又出现了问题，照现在科学技术的结构，有了工程技术，有了技术科学，还缺一个，基础科学到底是什么东西？在1979—1980年间这个问题老在我脑子里转，不知道是什么，总想既然是现代科学，一个部门有了工程技术，直接改造客观世界的理论，这个理论是否还可以上去？不知道是什么，但总觉得还缺这么个东西。1980年在全国准备建立系统工程讨论会上我有个发言，提出基础科学是什么，不知道，但是看起来应该有一个基础科学，这样基础科学、技术科学和工程技术这三个层次都有了，那么这个部门应该叫作系统科学。但在1980年能够这么提也是得益于现代科学技术的结构，不然怎么知道缺还是不缺啊？一画这个表就清楚了，在那儿有个缺。数学那一栏的基础科学方面我没有写了，不用说东西很多了。那么这儿是什么（指系统科学的基础科学方面）？到1980年下半年和1981年，我得到一些启发，从来没想到它可能从那儿对我有启发，因为这个启发不是来自搞系统工程的人，而是搞生物学的人。也许同志们熟悉，我那时不熟悉。这也就是上次讲到的奥地利生物学家Von Bertalanffy这个人提出他的观点，上次已讲过，就是生物学越研究越细，一直到分子生物学，但对生命现象的整体反而好像不清楚了。所以他提出要研究整体，要研究整个系统。看到他的这些著作以后，后来跟他一起工作的有比利时的搞所谓非平衡态热力学的一个人叫I. Prigogine，这人是俄罗斯人，是俄国革命时跑到比利时的。非平衡态热力学和生命现象有很密切的关系，因为生命现象从热力学的角度都是非平衡的。我把这两位科学家的东西拿来看了以后觉得他们讲的实际上都是大系统，生命是个大系统，非常复杂的系统，由多少多少细胞组成的。生物学提出这个很大的系统的学问的理论，也就是说不能光研究一个细胞，甚至于光研究一个去氧核糖核酸的分子，要想从这儿直接得到整个生命现象的学问是不可能的。要研究由很多细小的东西组成的一个整体。Von Bertalanffy和I. Prigogine都提出了这个问题。但是这两位科学家都是开创者，特别是Von Bertalanffy，他在30年代就开始搞这个东西，那时他恐怕很年轻就开始搞。I. Prigogine搞的与生命现象有关的这部分非平衡态热力学晚一些，大概在50、60年代。Von Bertalanffy作为第一个人提出来也是在50年代。这两位科学家研究这种现象，指出这个研究工作方向、观点，这是对的，有很大贡献，但是他们这两位以及他们的学生、共同工作的人都没有具体的理论分析说明怎么做。解决这个问题的就更晚了，差不多到了60年代末，70年代初，西德人H. Haken和M. Eigen这两人又进了一步。要想知道一个很复杂的系统的性能、功能，怎么从它的组成部分综合起来，他们建立了这种综合的理论方法和数学方法。首先当然你要有一个概念，你想那么去做，讲一些想法和道理，但光停留在讲道理和一些想法上那不行，还要有具体的东西。这种大系统的具体工作、细节的理论的工作是由Haken和

Eigen做的。

有了这些工作，看到一个问题就很重要，什么问题呢？一个复杂的系统可以出现一种功能、性质或运动，而这些功能、性质和运动从它的组成部分着眼的话，你从来也不会想到。从整体来看，它的性质、功能可以不同于它的每个组成部分所具有的性质、功能、运动。对这点讲的最清楚的就是Haken和Eigen。这点非常重要，上次我提到的问题，即所谓还原观和系统观。还原观就是说你要研究一个问题要把它解剖开，研究更下级的、更细的东西，一层一层地往下解剖，这是还原观，要解决问题得走这一步。那么如果说解决问题仅仅地走这一步，不走其他的，这就成了还原论了。还原论是错误的，怎么错误？从Haken和Eigen的工作，从Von Bertalanffy，Pringogine开始，具体化到Haken和Eigen，这就清楚了，就是一个复杂的系统的整体的性质，功能可以大大地不相同于每一个组成部分的性质和功能。研究复杂的系统的整体是非常重要的事情。今天不是讲系统科学啦，我就讲这么多，请大家注意这点是重要的，请大家记住，复杂的系统它的整体的功能常常会出乎于你意料之外，你不可能先想到有这种功能，但是它有。先怎么想到的呢，就是还原观的，先解剖下来，把解剖下来的东西都搞清楚了，你很有把握，认为这很有学问，但这种学问不能解决复杂的系统的整体的学问。后面这个话就是系统观，我们做学问要把还原观和系统观结合起来，这才是全面的。在座的同志是研究人的，人就更复杂了。人还不止一个层次，刚才说过具体的组成部分然后上升到整体，因为人更复杂，其层次多得很，每一个层次性质都不一样，都很特别。每一个层次也不都是下一个层次所能代表的，而这个层次的性质也不能被上一层次代表，又出现新的花样。我们知道了这些人的工作以后，就觉得从前在1978、1979、1980年初没有办法，脑子里纳闷儿的事情解决了，这个地方应填系统学。

这是1981年的情况。后来到了1982年又有发展，又看到有些东西可以跟我们这个系统学的概念联系在一起。特别值得一提的是奇异吸引子（Strange Attractor）这个理论。我不去说它那些细节的东西，这个名字很怪，它说的是什么东西呢？说的是本来是有规则的运动，当你改变它的参数时，开始也还是规则的运动，比如你把参数再变大点，它还是规则地运动，但是它有一个临界值，到了这个临界值时本来规则的运动会出现紊乱。就是这么一个事实。这很有意思，这个系统的参数变化可以使这个系统又出现以前没有的、新的性质，即更上一层楼。这时我们就想到这个问题的核心是什么，这个核心就是系统，系统的相互作用，特别是非线性的相互作用，这些相互作用非常复杂，最后引起一个整体的变化，这种变化就导致了每个组成部分所没有的功能。而且可以分级地、不止一次地变化，比方说刚才提到的奇异吸引子的理论，那就是具体地讲本来是正常的，即规规矩矩地运动，但会出现不正

常的、不规则的运动，如果你把紊乱称为不正常的话，就成了这种情况。所以从那以后使我们对于大的系统的认识更深入一步，而最核心的就是复杂的系统可以有整体的功能、性质或运动，而这种整体的功能、性质或运动又是其组成部分所不具有的这种观点。这不稀奇，科学的事就是这样，一旦你想通了好像不稀奇，但你没想通的时候怪恼火的，就是搞不通怎么回事。我上一次讲过，一个屋子里空气的分子是亿亿万万，但从每一个分子来讲，什么叫一个分子的温度啊，分子没有温度，分子只有运动的速度、动量、能量。还有热力学的"熵"字，就单个分子讲什么是熵，那是说不通的。但作为亿亿万万分子结合的气体，它就有温度，就有熵。其实学物理的人早就知道，但是视而不见，没有从这个方面去想，不想好像这事也不奇怪，真正想一想，这事是够绝的，怎么单个分子没有的事，亿亿万万分子组成的那个东西就有了呢？现在我说这种事情是普遍的，所有复杂的系统都是这样，都有这种可能，而且可能不止一个层次的变化，而是两个层次、三个层次、四个层次，很多层次的变化，一阶阶上升，这就叫系统学。有了系统学、系统工程，又有技术科学这一层，基础理论这一层，那么系统科学就可以建立了。

关于思维科学

思维科学（Cognitive Science）英文字是："认识"，（作者后改译为Noetic Science），思维科学是讲人的思维，人的思维的作用，是人认识客观世界规律的内部思维。所以说"认识"也可以，用中国字好像用思维科学合适一点。研究人认识客观世界时脑子的工作，这种思维有没有客观的规律，如果有规律的话就可以教了，教你怎么思维，怎么想问题，怎么解决问题。当然是很重要的。这是从基础科学这头开始的，大家知道有抽象（逻辑）思维，这是我们常常说的科学方法，科学方法就是归纳推理，这是重要的，这种想法叫形式逻辑，而且这个发展得很深了，数学家又把它数学化了，叫数理逻辑，这是很大的一门学问。但这是不是就是人认识客观世界的唯一的思维方法，即推理归纳方法？我不知道在座的同志怎么想的，我是不赞成的。我有两条理由，第一条是我自己的实践就不是这样；第二条理由更重要，我可以搬大人物，爱因斯坦。爱因斯坦讲过，要靠归纳推理来做科学那是大傻瓜，做不出创造性的科学劳动。他创造相对论就不是靠推理归纳，要靠推理归纳他创造不出相对论来。我认为人认识客观世界的思维很重要的一部分，特别是科学工作很重要的一部分当然是抽象思维或逻辑思维，但是还有一个叫形象（直感）思维，在科学里常常叫直感。文艺工作者是靠形象思维，毛泽东同志以前曾讲过，诗主要是靠形象思维。所以文艺创作主要不是靠抽象思维而是靠形象思维。问题是我

们进行科学研究是不是就靠抽象思维，有没有形象思维或叫直感思维？我觉得有，而且很重要。我们在研究新的问题时，本来不知道这个现象是怎么回事，那你可以做实验，可以实验观察，你可以取100个、1000个或更多的数据，把数据都摆开来看，瞪着眼睛看，你归纳吧，你怎么归纳？无从归纳起。你要归纳得有一个想法，怎么去归纳。那么你那个想法是怎么来的？爱因斯坦也这么讲，他说，当然大家也知道相对论有那个出名的科学实验即所谓麦克尔逊一默雷的以太漂移的实验，还有其他的很多事实，放在那里了，很多矛盾解决不了，是不是这些矛盾摊在桌面上就会自然而然地蹦出一个相对论来？要是能自然而然地蹦出来，那也就不要爱因斯坦了，谁都可以干。在爱因斯坦以前，世界上有多少科学家也看到这些实验，都知道，这些实验都没保密，都公开发表的，你看了，他也看了，就是没有想到相对论。你说是归纳推理的，怎么归纳推理的？归纳推理的书一本又一本的都给你讲了，你还是出不来。你怎么出来，得有个想法，这种想法在科学研究里叫直感，就是说怎么出来的我也说不清楚，我就觉得那样对，就是这样。这种事多了，开始时都是这样，当然想该怎么样，这是不算数的，在科学工作里能说我想怎么样就怎么样，你觉得应该这样你得去证明它是这样，要证明它那是归纳推理，但是你蹦出来这么一个想法，那不是归纳推理。同志们想想是不是这样，我是有这样的感觉，从前我做挠头的事情老做不出来，我的想法不对啊，怎么从不对的想法到对的想法，怎么蹦出来的，这不是归纳推理就能蹦出来的。这个过程并不奇怪，说是没有规则，不是这样。在科学研究里能够有这种有效的、最后证明是正确的想法，还是来源于科学工作者自己的丰富的知识和丰富的经验。他总是找到面临的这个问题与其他的他知道的问题在某一点上，在某几个重要的方面上相似，所以把从前知道的那件事吸到这个新的问题上，两个凑在一起出来一个新的看法。这种做法不是直接推理。逻辑思维那套东西不能产生这样的思维。这点我要强调一下，就是在科学工作中这是很重要的，创造性就在于此。归纳推理是蛮干的活，使劲、出汗、少睡觉都行，但要提出看法得有学问。我们在一个科学研究当中应该培养这种能力，进行科学研究的本事就在这儿。只有爱因斯坦搞出相对论来，跟爱因斯坦同时的物理学家多了，没搞出来。这种例子很多，如得诺贝尔奖金的这些人，他们做的题目也不保密啊，大家都知道，为什么你没做出来而他做出来了？这不是明摆着的问题吗。区别就在于他有形象或直感的思维，他有这个本事。这在我自己的体会当中是很亲切的，我大学毕业顶多学了点抽象思维，对形象、直感思维一窍不通。后来当研究生，开始时也去参加讨论会，也丈二和尚摸不着头脑，有的人一下子就说得那么对，他是怎么说出来的？我是作为研究生在旁边只能是惊叹和佩服，不知道人家怎么达到这种水平的。这种事是不是可以老师讲学生听，你照着老师讲的去办就行

了？没有这种事，要这么样就好办了。当研究生你就一年两年老去参加这个会，老听这样的议论，慢慢地你就觉得自己好像也会了点，然后再这样下去，一点一点地、到一个阶段你也会了，也有了这种“灵”的看法。从不灵到灵也没有什么奥妙在里头，就是要下功夫，在多次失败当中、不行当中慢慢悟出怎么行来。我认为这里面一个很重要的因素就是知识面要广，说是直感、形象就是把另外一个领域里的事情借过来安到你现在做的这项工作上，要安得上，如果你连其他的东西都不知道，你到哪儿去找？你没有素材。所以科学的创造性研究当然要在自己领域的知识上很丰富很扎实，但光是这种水平是不够的，要有广的知识面，要知道很多东西，我们中国有两个字叫“渊博”，“渊”就是深，“博”就是大。要做科学的创造性工作，我们要努力地不仅是我们对自己领域内的东西知道得确实很扎实、很深，而且还要有个广大的知识面。为什么要这样？我今天把这个道理讲一下，就是你没有广大的知识面你就没有形象思维，光靠抽象思维的老本是解决不了问题的，那出不了爱因斯坦。这是我体会很深的事情。从前我们科学界常常说科学就是归纳推理，这叫科学方法。不然，不是这么回事，所以我老跟现在有些大学的研究生说，我说你要是说科学方法就靠归纳推理，所谓的科学方法，就坏了，学生啊就越教越笨。20年前在中国科技大学我教过二年级，那是讲航天技术，高级科普啦，后来我又在第5年碰到这些学生，我听听他们的提问，我说你们学了3年越学越笨，从前你们思想还解放点，脑袋瓜还活跃点，现在学了3年，净钻那个什么推理啊逻辑啊，我说越钻越笨，脑袋瓜都死了，不活了。这是形象的说法，怎么活，用形象的思维就活了，不敢用形象思维，脑袋瓜活不了，也创造不了什么东西，跟着前人跑就是了，或者在前人的工作上面加个芝麻粒儿之类的还行。还有一种思维，这个就更怪了。有人说什么叫灵感思维，这不是宣传迷信吗？原来这个字的英文是inspiration，意思就是神灵附体，一下子就得到神灵的启示，原来是这个意思。这么说当然是迷信，其实不是神灵的启示，还是人对自己的启示，这就是唯物的了。什么叫灵感？在科学技术工作里没有灵感？这就在于后头这两个字，叫顿悟，这是我给起的，也是借助于佛教的话，意思是突然发现。在做科学研究时碰到一个难题，归纳推理，抽象（逻辑）思维不行，弄不通，这手不行，再用高一手的，用形象（直感）思维，想借助于其他的东西，怎么一下蹦过来结合上，也不行，根本没招儿，到处碰壁。有时很长时间处在这么一种没办法的状态下，没办法就找熟人去聊聊天吧，解解闷儿，或者白天左思右想不行，脑袋不灵，不灵就睡觉吧，哎，或者你跟别人聊天时，或者你睡觉做梦时一下通了，这个问题解决了，而且这种出现是很突然的，你也不知道它是怎么来的，没有理由它就来了。我不知道在座的同志你们有没有这样的经历，我是有的，所以我相信有这样的事。对于在科学研究中这样的事，我想是客观

存在的。所以这第三种思维也是认识客观世界的思维，这更不大好研究，不很清楚人脑到底怎么产生这样的东西，但是又好像是确有其事。当然有人不信，跟我吵，我只好说，信不信由你，人只有自己有了实践他才相信，自己没有实践就不相信，那是完全有理由的。这是说我自己的体会，我跟其他科学家讨论时承认有这样的事。这是说科学技术人员，那么在文艺上当然千百年来就谈灵感，搞文艺的人早就承认。

我说是三种思维，也许还有其他的。研究这几种思维规律的是思维学，另外在思维科学的基础科学里可能还有一门学问，因为思维无非是处理信息，信息就是人跟外界接触所产生的，因此信息的学问也是思维科学的同等重要的基础科学。什么是信息？你想一想传递信息的是什么东西呢，是语言文字，语言就是声波嘛，要是听广播电视，传播就是电磁波，反正信息的传递要靠一种物质的运动。信息的基础实际就是某一种物质运动，一点也不稀奇是一种平平常常的物质运动。但我们把从这种物质运动所提取的东西叫作信息，我们不是去提取如声波即空气的运动振幅、频率，也不研究声波的能量包含多少，我们研究声波所给我们的信息。应这样说，是一种物质运动，但正像我们对物质运动也赋于[①]过其它的一些物理量，这些物理量完全是人认识这个运动所造出来的词，如动量、能量等。说物质运动有多大的动量，三个方向的空间运动的动量，还说它的能量，这是人对于这个物质运动总结概括出来的概念。我们也可以从某一种信息传递的物质运动当中概括出信息的概念。是信息，就有一个从信息源到信息的接收者，一个约定的能相互理解的要素，不理解那也不是信息，从前古人说对牛弹琴，你那个音乐信息再好，牛不理解，对它也不是信息。如果我在这儿说，同志们不懂我的话，那我也是白说了，只是空气振动，不是信息。信息的概念是整个信息传递系统即信息源、信息通道、信息接收者里面的整体的一个概念。现在这方面的发展是多方面的，因为信息的重要，过去半个世纪做了很多的工作，现在完全可以慢慢地形成一门信息学即研究信息的基本理论。思维学里包括三个方面：抽象（逻辑）思维学、形象（直感）思维学和灵感（顿悟）思维学。其中只有抽象（逻辑）思维学是比较具体的。我也请教过数理逻辑的专家、中国科学院的学部委员胡世华。他说他是专门搞数理逻辑的，数理逻辑现在有好多问题还要深入研究。这话很对了，因为数理逻辑再深入下去可能自然而然要突破形式逻辑的框框，进入到辩证逻辑。比较成熟的是抽象（逻辑）思维学，而这个还要发展。至于说形象（直感）思维现在没门儿，到底怎么回事还搞不清楚。至于第三种灵感（顿悟）思维那更没门儿了，只知道客观存在，到底是怎么回事不清楚。所以思维学里的3个部分只有一个部分即1/3还有点门儿，其他两部分还要发展，现在还不清楚。信息学也要发展，所以思维科学的基础科学要做的工作是

① 此“于”字系笔误，应为“予”字。——编者

很多的，但也是非常重要的，如果这个问题一旦搞清楚了，那么就可以像归纳推理一样教给学生，初中就可以教了。这样大家都可以成为大科学家、大思想家。现在就很困难。就是刚才讲的我当研究生的经验就可以不要了，我是碰来碰去最后碰到了，也不是老师教的，老师再有本事也讲不清是怎么回事。所以这方面的工作还有很多要做。

上面讲的是基础科学。在技术科学领域倒是有一些工作，到技术科学就是人认识客观世界的思维怎么去运用，要讲应用了。比如科学方法论就是技术科学，即用到科学研究上到底怎么样。虽然科学研究不能光靠我刚才讲的，虽然抽象（逻辑）思维非常重要，但是不光靠这点。要有创造性还必须至少结合形象（直感）思维。怎么结合得好，这就是科学方法论，就是具体用到研究方面应该怎么样。其它的学问还有模式识别，我举个例子，以前我们的邮政不是要用邮政编码吗，编码是6个数码，要求大家都填到那个印好的框框里，而且填得要工整。为什么要这么填呢，有一个读这些码的识别器，可以自动化，不需邮局里的工作人员去看。但最后这个东西不成功，这个识别器还是动员了我们搞模式识别的科学家，他们费了很大的劲搞出来，结果这个机器笨得出奇，你写得工工整整的码，到里头也就是认识2/3左右，有1/3它认不出来。还有很多人写得不那么工整，那这个机器根本就不顶事了，还得人工来分，所以后来大家说那些码又麻烦，就吹了。这个故事说明什么呢？现在的计算机虽然是快极了，计算速度很高，但是你不知道如何去用这个计算机，如何掌握模式识别的规律，就没办法。而人的眼睛本事大得很，一看就知道是什么字。让机器去识就识不出来，不得其门。我们中国同志都知道，有人写字是龙飞凤舞的笔法，你也认得出来，他写得怎么草你还可能琢磨出来是怎么回事。要叫机器那根本没法。人如何识别图像的，这还在研究，这门学问就叫模式识别。这门学问就应该放到思维科学的技术科学内，也就是做具体应用的准备。属于工程技术的是什么东西呢？比如人工智能。假如要做机器人就要用所有以前的技术科学的那套东西，机器人要识别图像就要模式识别的技术，机器人要思考还得有科学的方法。这些技术科学的最后就是人的思维学和信息学这些基础科学。

现代科学技术体系六大部门

现在是六大门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学。还要解决两大问题，一是分六个部门，从前对于科学部门的划分往往是从科学研究的对象来划分，就是把客观世界分作几大片，一片是这个科学研究的，另一片是那个科学研究的，再一片又是另外一个科学研究的。比如，什么叫自然科学

呢？自然科学是研究自然界的现象。什么叫社会科学呢？社会科学是研究社会的现象。这不就分开了吗。那么我现在有6个部门，我认为按研究对象来划分的这种老的说法不确切。自然科学研究自然现象，这对不对啊？不见得对，因为现在的自然科学，刚才讲的那些内容：物理、化学、天文、地学、生物学，这些好像是自然现象，但你用到技术科学和工程技术那就不然了。你接触的是人造的科学，总体设计部什么东西那都是人造的东西，水力工程、土木工程等都是人造的。这样看来，我认为说自然科学就是研究自然的现象的这种说法不对，也许100年前是对的，现在不行了。现在应该怎么才能用几句话把自然科学的特点讲清楚，我认为要讲清这个问题还要用自然辩证法的观点。自然科学是研究物质运动即物质与空间时间的关系，而且不同层次运动的相互关系。这其中就包括了人为的东西，着眼点就是这么一个着眼点，即自然科学是研究整个客观世界的，但是它的着眼点是物质的运动，物质在时空的坐标里的运动。而且这里有个很突出的东西，搞自然科学的人是很清楚的，即在自然科学里有个所谓的量纲分析，量纲里面的基础量纲是时间、长度和质量这三个量纲。自然科学里的量都是时间、长度和质量组成的，这在自然科学里是很有用的一个工具。在自然科学的研究里总是用时间、长度、质量的量纲的分析观点去解决问题。为什么产生量纲呢，就是因为自然科学是研究物质在时空当中的运动，它抓住的是这个要害。恐怕我们在座的学自然科学的同志也知道，一到社会科学这量纲一点用处都没有了。人民币是什么量啊？因为人民币不是称份量的，那张钞票有多重，那没意义，一样重的钞票，一个印的是10元，一个印的是5元，那就很不一样。所以社会科学跟自然科学完全不一样。那么社会科学是什么？我认为社会科学是研究人跟人的集体所组成的社会里的运动或关系。社会科学是从这样的角度去研究整个客观世界的。有人可能会说，你这话说得可有点过劲啦，我们人现在无非还是在地球上嘛，你怎么说整个客观世界呀？我说那是你目光短浅，将来有一天我们人不是要上天吗。人要上天还可以到更远的地方去，整个宇宙也还就是人的社会，因为主要的社会科学是研究人跟人的集体所组成的社会里的运动，从这个角度来研究客观世界。数学科学以前很多人研究过，刚才讲的胡世华研究员写过文章，文章中说，数学就是研究量和质的辩证的关系。根据他这个话，数学科学是什么呢？那就是从量和质的辩证的关系去看整个客观世界。也是整个客观世界而不是哪个部分，因为显然许多地方都要用数学。系统科学也是研究整个客观世界的，但是从它的角度。系统的角度或叫系统观的角度，与还原观不一样，是从整体的角度去研究整个客观世界。思维科学也是研究整个客观世界的，不过它是从人认识客观世界的角度去研究。我们现在的一些东西如情报资料库，信息库，人工智能这些属于思维科学里工程技术的东西，怎么能和认识客观世界扯在一起呢？

可以扯在一起，因为这些东西是人认识客观世界的工具，或者说是人脑的延伸。所以思维科学就把人认识客观世界和人用什么样的工具认识客观世界，怎么样组织制造这些工具连在一起。人体科学要研究人就和人处的环境分不开，人是受环境的影响，实际上人也影响环境。人体科学是从人和环境的角度，或者用一个词“人天观”（Anthropic Principle）。人体科学的英文字Anthropic Science也是从Anthropic Principle（人天观）来的，这是外国人已经用过的字，我把它引伸一下就成了人体科学。（作者后将人体科学改译为Somatic Science——编者）

这六个现代科学技术的大部门不是每个部门只研究客观世界的一部分，而是研究整个客观世界，只是从不同的角度去研究。我曾想形象地画张图，整个客观世界是这么个东西，每一门学问从不同的角度去看这个世界，六个不同的角度。

现在我们来填这边空着的格，本来这里要填进去的是桥梁，就是从一门科学技术到马克思哲学的桥梁。关于这些桥梁，有的是经典的，比较清楚的。自然科学范畴是自然辩证法，社会科学是历史唯物主义，思维科学应是认识论，这三门是可以找出经典根据的，其他三门没有，要由我们来创造。数学科学里是什么？这个外国也有，叫数学哲学，实际上有各种说法，有的同志说这叫数学学，是太原山西大学一个同志讲的。反正叫什么都可以，外国说是叫数学哲学就是另外的字啦。即中国人叫元数学（Metamathematics），意思是数学的基本原理。这门在桥梁还是颇有点依据。系统科学没有，得我们自己来创造，叫系统论。人体科学的就是人天观。最后把每门认识客观规律的东西概括起来走到马克思主义哲学。马克思主义哲学是科学的哲学，它不是凭空想的，它是把人认识到所有客观世界的东西概括提炼到最高的原理和原则。从每个科学到马克思主义哲学要通过一个桥，这个桥这是把这一门的科学概括起来，然后输送到马克思主义哲学里，我说的这6个桥就是起这个作用的。这些其实都是哲学，可以说是哲学的分部门。最高一层是马克思主义哲学。我认为这也是现代科学技术体系的结构所要求的，当然也有人会讲我们的哲学家是不是同意啊？不见得都同意，因为我也发现有些哲学家脑袋瓜僵化得很厉害，常年以来就是死背硬记，背诵经典著作，你说的话稍微与经典著作不合一点他就反对。我上次不是讲过一个例子吗，吉林大学的副校长写了一本讲义，因为他讲的不完全是经典著作的东西，所以有人就不许他用马克思主义哲学的词，说你的哲学可以，不能说马克思主义哲学，这简直是没办法。我认为从现代科学技术的体系、结构，最后当然要到马克思主义哲学，这样一来，也就体现了马克思主义哲学的结构。人的整个的知识最后概括到马克思主义哲学。

人类的整个的知识领域似乎还不光是科学技术；我看还有两个部门，一是军事科学，这是很重要的一个部门，因为它是军事科学，体系也不一样，所以现代科学

技术往往不说军事科学。有中国科学院也有我们自己的军事科学院，不一样啦，所以军事科学还是很重要的一个部门，也有军事科学的基础科学、技术科学和工程技术。军事科学的工程技术是具体打仗了，参谋作战指挥这套东西啦。这实际上我们叫军事系统工程，桥梁有时叫军事哲学，基础科学一般叫军事科学，比如战役学、战略学、战术学这些东西。另一门是文学艺术，文学艺术就不能按照这么分，它是另外的一套东西，我们不能分什么工程技术、技术科学、基础科学，这就不对了。但它也有一个到马克思主义哲学的问题，是什么桥梁？是美学，就是美的哲学。

我主要讲的是现代科学技术六大部门，把这个结构扩大到人类整个知识，还要包括的两个新的部门，一是军事科学，另一个是文学艺术。它们也都有到马克思主义哲学的桥梁。马克思主义哲学也是有结构的，核心的马克思主义哲学由八个桥通向人类知识活动的六个方面。

今天讲的就是现代科学技术的体系的结构，最后联系到哲学，又讲了一个我认为是今天的马克思主义哲学和我们要发展和研究的马克思主义哲学的自身的结构，这个结构比现代科学技术体系还要大，因为马克思主义哲学包括了所有的人类知识的不同的结构。马克思主义哲学是八个桥梁，现代科学技术体系是六个大部门，六个大部门都是从不同的角度研究整个客观世界的。这种看法行不行，有没有道理？当然不是说今天讲的这些东西都是一成不变的，随着人的实践的发展还会有发展，但是我认为今天看起来好像就是这么一个大的概念和规模，大概的一个结构，另外再强调一下，我认为这样的理解是非常重要的，我们看问题不要老是局限于自己眼前的那么一小块儿，要是老局限于一小块，学问是做不深的。尤其今天的科学技术的发展已经到了这么一个程度，即相互之间的关系非常密切和广泛，所以我们每个同志若没有这么一个整体看法，那你在工作当中恐怕就会钻进去而冒不出来，憋死在里面了。我们必须有一个全面的看法，时刻想着我做的这项工作在整个的科学技术里头占有哪个位置。这样我们就能做到进退有据，而不是要么不敢进退，憋着，要么雏儿问世，乱来一气，东一下子西一下子，做科学工作没个章法那是不行的。什么叫章法？就是你对现代科学技术整个的结构有一个认识。当然最后还要跟哲学打交道，因为我们的认识都是这样，马克思主义哲学是指导我们一切科学技术研究的，反过来，新的科学技术成就也必然为马克思主义哲学的发展提供素材。我看这种看法没错。下一次还要更多地讲一讲人体科学，至于说具体的细节的地方也不一定都很对，这都可以讨论，但总的意思我认为大概差不了多少，关于这点我希望同志们能够注意。

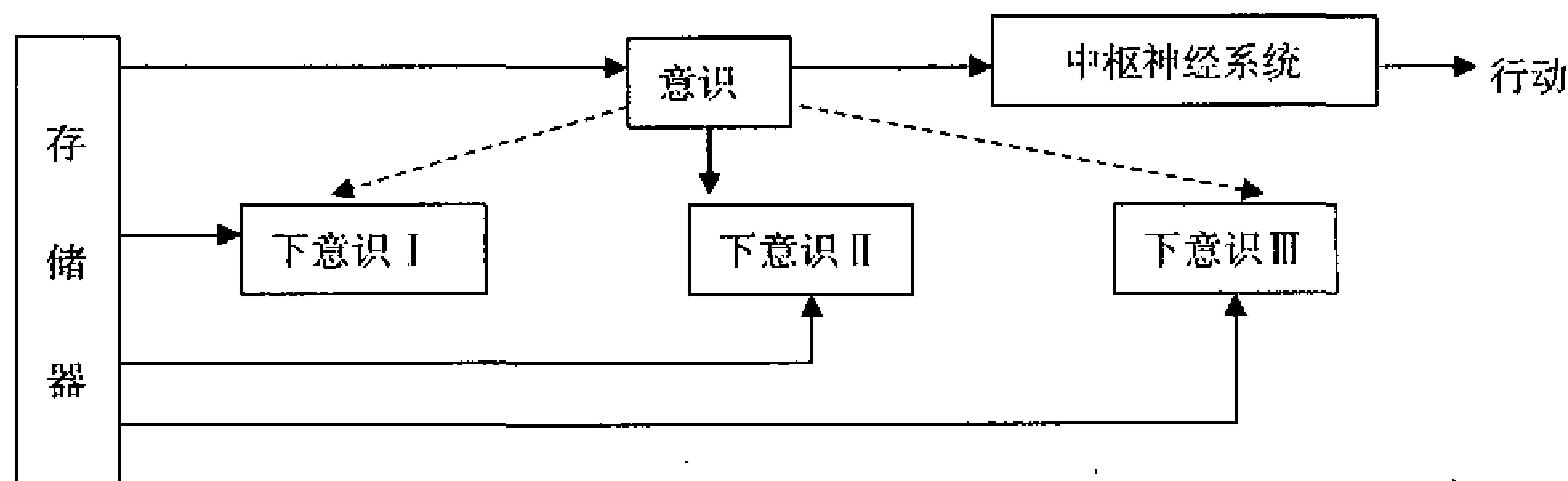
选自钱学森：《人体科学与现代科技发展纵横观》，第57～74页，人民出版社，1996年9月第1版。

关于思维问题[①]

借着这点我要讲一下思维。上次我讲过，我认为有三种思维：抽象（逻辑）思维、形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维。上次讲的是三种思维的不同，今天我要补充讲讲从这三种思维考虑，结合到大脑，看起来脑的最高层次活动即意识或精神这个层次本身就不止一个层次。这就更有意思了，为什么这么说呢？抽象（逻辑）思维是简单推理过程，要形象地讲，这好像是思维过程里的线型的处理，就是有1必有2，有3，有4，一条直线地下去；形象（直感）思维就不一样，上次也举过例子，比方人听说话，不是简单地有1就有2、3、……，有点全面考虑问题，多途径地考虑问题，最后把问题弄清楚，要害是多途径。所以不是线型处理而是多途径处理，形象思维是综合推理。上次反复讲过，抽象思维现在是搞得比较清楚的，比方有逻辑学，特别是数理逻辑，这些搞得很清楚，老师教学生听是可以的，学生可以学得全。但形象（直感）思维现在再有学问的人也没法讲清楚，因为它还没形成一个能够讲清楚的一门学问，只能意会，不能言传，说了半天还得自己去领会。难点就在多途径上，好几条路同时下手，最后综合起来。说到这儿又有一个问题，上次也提到过，有人不大赞成我的说法，即灵感（顿悟）思维，已经说到头了嘛，线型推理你叫抽象思维，多途径的推理你叫形象思维，多途径已经是好多了，还有灵感，那么灵感就是多途径的多途径，那怎么说呢，没法说啦。所以有的同志不大赞成灵感的说法。我碰到这样的同志就将他的军，我说大概你自己没有灵感过，你没有尝到这个味，所以你不知道。这个常常倒挺有效，我一说这个，他就没话讲。有一位比较年青的中年同志提出一个我认为很有启发性的见解，他是哈尔滨科技大学马列教研室的教师，他提出灵感可能是由于下意识，这很有启发性，如果我们每个人有灵感的话，你总有这种经验，也感到好像那么回事，就是灵感之来并不是你意识到的，你意识不到它突然就来了。也就是说在你意识之中没有这回事，而它又来了，这就是下意识，在座的有搞心理学的知道，有下意识这个东西。我再举一个简单的例子，比如像我们这样上了年纪的人，常常会想一个人名字时就是想不起来，知道这个人，甚至他的相貌、声音都记得清楚，就是名字想不起来，左想右想就是想不起来，这时就想，算了，不想了，不想了反而就想起来了，年纪大点的人常常这样。那么你说这人的名字是不是没有储存进自己的大脑？那不对，储存进去了，

① 这是钱学森1983年4月6日在人体科学讨论班的讲话节录。

但储存到大脑的那个部位现在跟自己意识不是一条线，通不上，再想也想不起来，但无意之中线接通了，就想起来，这种事很多。所谓下意识就是不是现在所意识到的大脑的功能。搞心理学的同志知道，这就是所谓另外的自我，假设我意识之中的这个自我叫自我，那么下意识的就叫另外的自我，这另外的自我不仅就一个，还有好几个。我是没有翻箱倒柜去查这个东西，同志们要有兴趣可以去查，所谓“多个自我说”。根据这个好像有这么一个结构：



意识与中枢神经系统接通，可以到行动，但是还可能有一个东西叫下意识。在大量的、一般的情况下，这几个下意识都是单独工作的，但也都可以存在存储器内。意识可以与存储器接通，下意识也可以与存储器接通，都可以从存储器中提取其作用。但意识和下意识没有接通，所以当然也就没有什么行动，我们也毫无察觉。一般我们说意识可以行动，下意识在那儿工作你也不知道。但有时意识和下意识能接上，一接上就灵了，就是你不知道的忽然知道了。灵感思维就是下意识，我把它具体化就是这个东西（指图），这个可以再研究。这样一个设想说明了什么？说明了人的意识、精神、思维也是多层次的，如果我们说抽象思维是线型的，是比较简单的一种，第二个是形象思维，是多途径的，那么最复杂的就是有下意识的多个自我参加的这个立体意识和思维，即一个是线型的，一个是平面的，一个是立体的。这有没有值得探索的可能？因为Sperry讲最高层次的意识和精神思维本身也是多层次的，是复杂的结构。人进化到这种地步，有这样复杂的结构功能的神经系统和大脑，这很不简单。我们进行这样的研究，根据这些启发，只能说是启发，来研究人的大脑，这是很有意思的。研究大脑还不是本身的目的，当然本身的目的也是很有意义的，它还联系到人体科学，它必然会影响到整个人体科学的发展。

这仅仅是从脑的层次去看问题，最近我看到《文汇报》3月30日有一篇著名科学家的文章，说是研究脑科学要用马克思主义哲学作指导，这是对的，然后他又批评了气功啊，特异功能什么的，他都批了，我看这位老科学家有点跟不上时代。说这个的目的是说同志们要有勇气，科学的探讨要有大无畏的精神，不要说以前的就是所有的一切了，要是那样的话我们人就不要进化，也不要进步了。人们要不断接受新的东西，像上面提到的哈尔滨科技大学的那位教师大概也就是40来岁吧，是无

名小卒啦，但是他提出来的见解很好，请同志们考虑考虑。

我从这样的角度认为，我们要考虑的问题确实很多，我们到哪儿去寻求帮助？到哪儿去找启发？刚才讲的都是帮助和启发，这儿我要讲的是我们要重视中医的理论，为什么？因为中医的理论产生于近代科学还没有兴起的时候，它也不知道什么是近代科学，更不知道什么是现代科学，所以它反而没有这方面的限制和束缚，也就是不受还原观的束缚，因而中医的理论倒是系统论的，从整体出发的。也可以说当时的情况逼得它非那样不成，因为在中医理论兴起的时候并没有近代科学和现代科学的这些东西，也没什么测量仪器，它唯一靠的就是自己的感觉。有很多现代研究中医理论的人指出这点，比如日本人研究中医，它叫汉医，是很下功夫的。不久前在《自然科学哲学问题译丛》这个期刊上有一篇东西：中医与柏格森哲学，柏格森哲学就是直观学，他把中医与直观扯在一起，实际上他讲的是中医的理论所用的方法，靠什么方法形成中医的理论？就是靠感觉。有一个台湾的医生曾经在台湾的中华书局出版的一本书里也讲到这个问题。这两位先生对这个问题倒是讲得很清楚的，中医靠感觉，没有仪器，自己内省觉得有什么感觉，比如中医讲的经络，经络不是靠解剖的，而是感觉有气在那儿走，完全是靠感觉。这样一种研究方法恰恰是现代或近代的所谓西方科学不承认的，说你感觉算个什么，要仪器测才行。但是至少到现在也没有用仪器去测活的人为什么有这种感觉，而中医在这方面是很发展的，以致于专门形成了一种学问，这在中医里就是所谓的"内景反观"，中医说他自己看得到，实际上是感觉到身体的活动。这实际上就是从以脑为主宰的系统感到身体内脏或身体功能在起什么变化，这种东西当然是综合，当然是系统，不是哪个局部的功能。我曾经认为（不知道对不对，我是这么说啦）你要是解剖的话根本找不到经络，没有，但那些练气功的人就是说他们感到气就是按经络走的。那么这就矛盾了，怎么解决啊？实际上没有联系，但他又觉得有联系，这怎么回事？我说经络的说法是人把感觉到的东西简单化了，说是真好像每个穴位点有所联系。实际上的联系不是那样简单的联系，是人体巨系统中间的一种现象。我说这个联系不是两个穴位之间而是都要联系到脑子里去，联系在脑子里并不在穴位里。也就是说我们从自己的感觉或用中医的词"内景反观"所认识到的那些东西是一个表象。是有关系，是有穴位之间的联系，但这种联系不是像我们画的穴位图那样好像每个穴位都连起来，不是那样。一方面承认这是一种感觉到的表象，不一定是实质，另一方面又要承认这种感觉到的东西是客观的，这样一种联系是实际的，并不是虚无的，而恰恰这种联系可以给我们启示，我们进一步研究就要注意这些。何况中医又有发展，根据这种感觉到的东西，中医把它理论化了，而且用来指导它的医疗实践并有效果，那就更应受到重视。现在西医也慢慢感觉到它的一套东西也有不足的地方，

比如现在提出的心身医学或者叫心理生理学，我刚才说的是生理心理学，它反过来叫心理生理学，这就是说人的大脑的思维、意识的作用可以反过来影响生理。必须说Sperry也讲过人的最高一级的活动，即意识、精神的活动可以影响更低层的活动。所以Sperry这个人不简单。我认为所有这些东西都是中医里面对我们很有启发的东西，中医理论考虑到整个系统而且不限于人，人和环境这些因素它都考虑进去了。所谓“人天感应”是考虑了更大的系统中间的关系，人和自然界的整个系统，以致于现在提出生物钟，就是天文的日月星辰的运转对人是有影响的。这种思想现在看起来确实是很重要的，对我们进一步研究人体科学是很有启发的，所以我不是在你们上一次学术年会上讲吗，我说你们是否可以研究研究中医理论，道理就在这儿。中医理论可以给我们启发、很多观点和看法。但在此我也得说清楚，我并不是说中医理论就是现代意义的科学，因为中医理论是在医学实践如行医和感觉到的、内景反观的、或练气功的体验的基础上，将感觉的东西和实践的东西加在一起，揉合整理再加上一些想像的东西，不可能不加，否则就联不起来，就是这么一锅粥，这么一个东西，你说这个东西都是科学的，不能这么讲。当然很多错的东西也在里头啦，比如中医一讲心和脑就闹得糊里糊涂，它说的心不是我们现在的心。所以我说中医的理论不是现代意义的自然科学，倒反而是经典意义的自然哲学。经典意义的自然哲学也就是恩格斯讲的了，就是我第一次在这儿讲课时读的《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》一书里的那一大段，那里面对什么是自然哲学和什么是自然科学讲很很清楚。中医的理论看起来是自然哲学，这又引起了一些同志的议论，你钱学森说中医是自然哲学，而自然哲学又是被恩格斯批判过的，说是要取消的，你这不是给中医抹黑吗？有意见。我回答这个意见也很容易，想想看，若没有自然哲学也不会有现代的自然科学，这是历史的发展，我们现在来抓中医理论这一自然哲学就是为了我们将来的中医现代化的自然科学，真正科学化。但是我们要科学化必须从不科学的东西开始，从不科学到科学，这是辩证法嘛，凭空从零怎么能冒出一个东西来？我们认识中医理论到底是什么东西，它的缺点是什么，它的长处又是什么。它的缺点就是它还是自然哲学而不是自然科学，它的长处是整体观、系统观，多层次观。我们要发展人体科学恰恰是这个问题即多层次整体观。我们从中医理论里可以吸取营养。话说回来，你在研究吸取中医理论时要认清它是自然哲学。好在我们现在有一个经过多少年多少人的社会实践总结出来的最高概括的马克思主义哲学，我们可以用马克思主义哲学来总结、学习、深化中医理论。我把这叫中医理论的现代阐述，就是用马克思主义哲学的观点现代化地阐述中医理论，这样我们就可以去粗取精，去伪存真，从中医理论吸取营养作为一个基本功。我的这个观点是否对，请同志们考虑。因为我听到的意见两方面都有，有的人各取所需，

一方面说你姓钱的对中医讲得很多，好像很赞成，这个好，对中医是很大的支持，很大的鼓舞；另一方面一听我说是自然哲学，就说不行，你把我看低了。我不是看低或看高，我是实事求是，是什么样就是什么样，这是我想做的事，做到没做到，请同志们评价。我认为很重要的是我们今天来分析和研究中医理论这么一门自然哲学，我们有一个很好的工具，即马克思主义哲学，这在古代自然哲学时代还没有，从中医理论这一门自然哲学变作现代的科学，不是像从前自然哲学变成自然科学的不自觉的、没有主动性的变化，那是客观事物的发展和人类社会的发展迫使它进行这么一个变化。而今天我们研究中医理论，想把中医理论从经典意义的自然哲学变作现代意义的科学即人体科学，我们有马克思主义哲学作指导，我们可以能动地有意识地来促进这种转变。

选自钱学森著：《人体科学与现代科技发展纵横观》，第86～92页，人民出版社，1996年1月第1版。

园林艺术是我国创立的独特艺术部门①

我不是艺术家，也不是建筑家，但每次游览我国的一处园林，或就连车过分隔北京城里北海和中南海的大桥时，总为祖国有这一独创的艺术部门而感到骄傲。在20多年前就写过一篇文字，不久前又重新刊登在1983年1期《旅游》杂志上，叫《不到园林，怎知春色如许——谈园林学》；后来感到意犹未尽，又写了一篇《再谈园林学》，登在1983年第1期的《园林与花卉》杂志。但现在想来，园林毕竟首先是一门艺术，称“学”不太合适。而且从今天的眼光来看，它又是为城市建设服务的，所以才整理出这篇东西投《城市规划》，向同志们请教。

一

什么叫“园林”？什么叫“园林艺术”？现在用词很泛，报刊上常把哪个园子种了些树就称“园林”。《光明日报））1983年（下同，不再注明年份）9月26日第一版有个标题《昔日一片荒漠，如今满目葱茏》，说是在甘肃省临泽县的一个学校，在周围种了很多树木，成了“园林”式的学校；《经济参考》8月30日第一版，标题为《沙荒变园林》，说的是山东寇县、莘县的林场在一片沙荒上种了树，就成了“园林”。其实这不叫“园林”，应该叫“林园”，因为这只是有林的园子。我们说“园林”是中国的传统，一种独有的艺术。园林不是建筑的附属物，园林艺术也不是建筑艺术的内容。现在有一种说法，把园林作为建筑的附属品，这是来之于国外的。国外没有中国的园林艺术，仅仅是建筑物附加上一些花、草、喷泉就称为“园林”了。外国的Landscape、Gardening、Horticulture三个词，都不是“园林”的相对字眼，我们不能把外国的东西与中国的“园林”混在一起。例如，天安门前观礼台拆除后布置了些草坪，没有中国味，洋气，这是外国的做法，故宫、颐和园哪有这种做法呢？当然绿化工人是费了很大劲才把它搞起来的，问题在于根据什么思想，不是中国的园林艺术，而是西化了。中国园林不是建筑的附属品，园林艺术也不是建筑艺术的附属。

其次，中国园林也不能降到“城市绿化”的概念。《人民日报》7月31日第八版所报道的一些都是“绿化”，不是“园林”。《北京日报》8月23日头版头条也

① 本文是作者1983年10月29日在第一期市长研究班上讲课的一部分，经原合肥市副市长、园林专家吴翼从录音整理成文字稿。原文刊《城市规划》1984年第1期。

报道："本市制定今后五年园林绿化总体规划，市府聘请五位园林顾问"。我认为我们对"园林"、"园林艺术"要明确一下含义；明确园林和园林艺术是更高一层的概念，Landscape、Gardening、Horticulture都不等于中国的园林，中国的"园林"是他们这三个方面的综合，而且是经过扬弃，达到更高一级的艺术产物。要认真研究中国园林艺术，并加以发展。我们可以吸取有用的东西为我们服务，譬如过去我国因限于技术水平，园林里很少有喷泉，今后我们的园林可以设置流动的水，但不能照抄外国的建筑艺术，那是低一级的东西，没有上升到像中国园林艺术这样的高度。

二

中国园林艺术是祖国的珍宝，有几千年的辉煌历史。中国的园林可以看成四个层次。第一，最小的一层是"盆景"——微型园林。后来发展的园林模型也属于这一类型。例如，英文刊物《中国建设》1983年第7期记载，浙江省温州的叶继荣组织全家人制作大观园模型，已在各地展出，就属于这一类。

第二层次是"窗景"。苏州的窗景在室内看出去有"高山流水"之感的景观，整个也只几米大小。当然也有自发的发展。《科学画报》1983年元月期介绍了广州白天鹅宾馆中的布置，中庭的花坛、瀑布，是属于苏州"窗景"一类的，也是小型园林。

第三层次就是"庭院"园林。南方比较多，像苏州、扬州的庭院都属于这类，小的几十米，大的一二百米范围。

第四层次是"宫苑"。如北京的北海、圆明园等，规模比较大。

中国园林主要是庭院园林和宫苑园林。北方的园林宫廷气味很浓，如避暑山庄、香山、颐和园等；江南园林民间气息较多，巧而秀丽；扬州园林介于二者之间。可能还有第四种，就是广州的岭南园林，里边建筑物较多。

中国园林可以分以上的四个层次，这四个层次可以看成是中国传统的园林艺术，我们要认真研究。我国在这一领域有不少专家、权威，上海同济大学的陈从周教授就是一位，他们都是我的老师。

我们对传统的园林艺术要研究，要发掘，但是还要前进。如何进一步发展呢？举个例子说：北京天安门广场现在气魄很大，怎样把它园林化呢？这是个新课题。我不同意几块草坪，再种点花的这种做法。我在这里出个主意：对广场要增加气魄，方法上可用石雕的兽和人像等等来装饰。过去皇帝的陵寝墓道两边、大殿前面、都应用石狮、石兽。为什么现在不用这些有中国自己特点的东西来装饰呢？再

举一件事，从前房子不高，太和殿一层是比较高的，但太和殿再高也比不上北京饭店。现在高层建筑成了方盒子，不太好看，外面颜色也是这样的一些，北京灰烟又大，几年之后是不会好看的。为什么不搞出中国特色？在高层建筑的侧面种些攀缘植物，再砌筑高层的树坛种上松树，看起来和高山一样，这是可以的呀。总之，要用中国的园林艺术来加以美化。

三

现在农村形势发展很快，已经出现小城镇——初级城市，那么大城市、中心城市怎么办？如何美化？要以中国园林艺术来美化，使我们的大城市比起国外的名城更美，更上一层楼。据说规划中的莫斯科城，绿化地带占城市总面积的1/3，那么我们的大城市、中心城市，按中国园林的概念，面积应占1/2。让园林包围建筑，而不是建筑群中有几块绿地。应该用园林艺术来提高城市环境质量，要表现中国的高度文明，不同于世界其他国家的文明，这是社会主义精神文明建设的大事。去埃及看到金字塔，它反映了埃及的古老文明；怎样才能使人体会到中国的社会主义精神文明呢？我认为要重视并搞好环境美，要充分应用祖先留下来的园林艺术珍宝。

现在我们在这方面做得不够，今后首先要培养人才，培养真正的园林艺术家、园林工作者。现在有一所大学开了个园林绿化专业。据我了解，尽是一些土木工程的课，这样是培养不出真正的园林艺术人才的。我觉得这个专业应学习园林史、园林美学、园林艺术设计。当然种花种草也得有知识，英文的“Gardening”也即种花，顶多称“园技”；“Horticulture”可称“园艺”，这两门课要上，但不能称“园林艺术”。正如书法家要懂制墨，但不能把研墨的技术当作书法艺术。我们要把“园林”看成是一种艺术，而不应看成是工程技术，所以这个专业不能放在建筑系，学生应在美术学院培养。从这个思想推演，我们应该成立独立的园林工作者协会。去年有人跟我说要在中国科协下设中国园林学会，我说应该在中国文联下而成立这一组织，因为这是艺术。但现在来不及了，园林学会已经在中国建筑学会下成立了，对外称中国园林学会。大家如此认识问题，也就只好如此，总比没有专门的园林工作者组织好。

要培养专家，也要培养园林技术工人。

说到工人，联想到古典园林的保护问题。要继承发展中国园林艺术，就必须保存好现有的古典园林。现在有许多园林都被一些单位占了，要下决心把占用的单位请走；另外，要保存好，要修复好。怎样保存修复呢？现在的做法是粉刷一新，金碧辉煌，不是原来的风味了。在这方面，我们要向国外学习，他们的古典建筑尽量

保存，并且维持原来的格调，而不是把它“现代化”。保持原来面貌这点应值得注意，这里有一套学问。我国已确实有文物保护研究所，各地区要支持本地区有关部门把这项工作做好。另外，还要考虑古代园林建筑如何适合于现代中国。古代帝皇园林建筑的色彩沉重、深暗，明亮的少；颐和园建筑色彩就太重，是否可以作些试验改变些色调？使它更适应今天在人民中国，园林应该有的功能，让人们舒畅地休息，感到愉快，在精神上受到鼓舞。这也是进一步研究和发扬园林艺术的问题。

选自鲍世行、顾孟潮编著：《钱学森建筑科学思想探微》，第437～439页，建筑工业出版社，2009年5月第1版。

开展思维科学的研究①

来自全国各地从事思维科学工作的同志们欢聚一堂，开一个学术讨论会，我想有三个目的：第一，我们这些搞思维科学的同道们，都是来自五湖四海，过去可能在书信上或文章上交往过，是相知的，但不相识。比如我和在座的好多同志都有书信往来，但没有见过面，今天是第一次见面，大家互相认识一下，这是一件事。第二，关于思维科学这门学问，说新么也新，要说不新吧，它也不新，因为关于思维的问题，已经研究很久了。也就是因为这个原因，同志们对于思维科学的看法，可能是各种各样的。在这个会上我们可以交换一下看法，本着求同存异的精神，最后总可以得出一些共同的认识。这样，今后的工作就有基础了。至于不同的意见，会后大家再慢慢讨论，逐步去解决。第三，同志们希望搞一个思维科学的全国性学术组织，这个意见是好的，但不是一下子可以搞起来的。如果在这次会议上，能够组织一个全国性学术团体的筹备小组，就算有了一个好的开端。由这个筹备小组再进一步研究，如何成立全国性学术组织的问题。这三件事我看能够办到。

我下面讲的只能说是抛砖引玉，请大家来批评指正。

思维科学与新技术革命

我以为，我们对于思维科学的研究，应该有一种紧迫感，在组织学会方面思维科学比起系统工程已经晚了五年。系统工程全国性的讨论会是在一九七九年十月由国防科委召开的，接着准备了一年的时间，中国系统工程学会，就在一九八O年十一月正式成立了。而我们思维科学讨论会在一九八四年八月初才开，晚了五年。为什么说要有紧迫感呢？因为在去年十月九日，赵紫阳同志在一次会议上作了重要指示，他要我们研究在新技术革命将要来临的形势下，应该采取什么对策。紫阳同志说，这是一个关系到我们四化建设的大问题。在国务院技术经济研究中心马洪同志主持下，已经开了两次规模比较大的讨论会，研究新技术革命的对策。那么思维科学与新技术革命有什么关系呢？如果有关系，那当然应该有紧迫感。

1．人类社会发展中的四种革命

对于这个问题，我是这样看的②，人类对于客观世界的认识和改造有一系列变

---

① 这是钱学森1984年8月7日在北京召开的全国首届思维科学讨论会上的报告。

② 钱学森，《理论月刊》，5（1984）6-11。

化或飞跃，这些飞跃称作革命。可以分为四种革命，一种是人认识客观世界的飞跃，这个我们叫作科学革命；一种是人改造客观世界的技术飞跃，这个叫技术革命；那么，由于这两种革命，我们的生产力发展了，生产关系和一部分上层建筑也必然有所变化。形成这方面变化的飞跃，我管它叫作产业革命。产业革命是一个很重要的概念，人类社会已经经历了好几次产业革命。我认为，最早的一次产业革命，是人从自然界猎取食物到种地、养牲畜，就是有了农业、牧业，这是人类生产体系的一次很大的变化，从而引起了人类社会的变化——从原始公社进入到奴隶社会，这是很古老的一次产业革命。后来在奴隶社会当中，生产力又发展了，人不但是为了自己享用而生产，而且是为了交换而生产，也就是出现了商品生产。这又带来了很大的变化，实际上，就是奴隶社会崩溃，进入到封建社会。社会制度的根本变革叫社会革命。那么从这两次产业革命来看，好像都是产业革命引起了社会革命。那是不是说产业革命必然引起社会革命，产业革命在前，社会革命在后呢？这是一个大问题。

从我刚才说的这两次产业革命来看，好像是这样。但是，让我们再来看看第三次产业革命，就不完全是那么回事了。那是十八世纪末的那一次产业革命，即由于蒸汽机和大工厂生产的出现，引起的产业革命。实际上，在英国，这一次产业革命是在资产阶级革命成功以后，是社会革命在前，产业革命在后。我称之为第四次产业革命的，是列宁在《帝国主义是资本主义的最高发展阶段》这本书里讲的那种情况，也就是工业生产变成了国家规模的，国际化、世界化了。这一次产业革命标志着资本主义进入到帝国主义阶段，但是社会制度没有根本的变化。所以，从第一、第二、第三、第四次产业革命来看，它跟社会革命的先后关系，并不是固定的。重要的是，生产力的发展到了一定阶段会引起产业革命。最近看到一篇文章，说产业革命就是工业革命，并且研究为什么在中国不出现那样的产业革命。实际上这是很清楚的，因为那时中国在封建社会，中国的生产力没有发展到那个阶段嘛，所以不会出现英国在十八世纪末的那次产业革命。事实上，我们国家是在中国共产党领导全国人民夺取了政权之后，生产力才得到很大的发展，就是说，我们首先是社会革命成功了，才有可能出现产业革命。

2. 所谓“信息社会”

那么，这和思维科学有什么关系呢？这要联系到现在正在讨论的新的技术革命，或者照我的说法，是第五次产业革命。它的核心是什么呢？赵紫阳同志提出了“信息社会”的问题。北京工业大学二分校洪加威同志有一篇文章，他建议不要叫“信息社会”[1]，因为这容易跟资本主义社会、封建主义社会和奴隶制社会这些政治术语中的“社会”一词的含义混淆，他建议叫信息的社会化。不管怎么说吧，意

① 洪加威，《红旗》杂志，14（1984）31—35。

思都是指信息、知识、智力的重要性要提到一个前所未有的高度。那当然与思维科学有密切的关系。在国外，前几年提出了一个词：信息圈（Noosphere）。过去有大气圈、磁圈，现在又出了个信息圈。“noo”在希腊文里的含义就是知识信息，后面加个“sphere”。我觉得，这个字很值得我们注意，这就是说我们生活在一种气氛里，什么气氛？就是知识、信息的气氛，也就是思维、知识的气氛，这么说来思维科学当然重要了！

既然说到“信息社会”，那么我想从什么是信息这一点开始。英文里的“信息”和“情报”实际上都是一个词“information”，就是知识，它是指人通过实践所认识到的客观世界的规律性东西，也就是人类创造的精神财富，不是物质的。可能知识最后要印在书上，纸张是物质，但那只是一个表象，是载体，当然，重要的不是纸，不是油墨，而是所载的知识，所以知识实际上就是人类创造的精神财富，它不是物质的。知识这种精神财富是非常广泛的，图书馆、档案馆、资料库、博物馆、美术馆、唱片、录音带等等上面的东西，都是精神财富。在“信息社会”，人类的知识要变成生产力。现代化的生产，没有知识是不行的。

关于知识，我觉得外国人也有一些奇怪的说法，比如奥地利出生的英国“科学哲学家”波普尔就说了一些怪话，他提出所谓“三个世界”理论，说人是“世界1”，客观世界是“世界2”，人类创造的精神财富，即知识是“世界3”。奇怪的是，他说世界3是独立自主地发展的，这就荒谬了。这个世界3，即精神财富，是人创造的，它怎么能独立自主地发展呢？按照辩证唯物主义的观点，客观世界是物质的，是第一性的，人的精神是第二性的，人可以通过实践逐步地认识客观世界本来存在的规律，从而利用这些规律来改造客观世界。而人通过实践认识到的客观世界的规律叫知识，精神财富。我觉得这是符合马克思主义的哲学的，而波普尔的那个讲法是唯心的。

但是，我们也要吸取他的一点正确的东西，就是他把人类的精神财富，把知识的重要性提高了。从前古典的辩证唯物主义哲学讲，物质是第一性的，精神是第二性的，而波普尔提出还有一个方面，就是人通过认识客观世界所创造的精神财富。这也很重要，他这句话我赞成。所以人不仅要继续认识客观世界，继续创造精神财富，而且还要经常地使用前人已经创造的精神财富。而我们所说的信息、情报，广义来讲就是人的知识，人类多少年来所创造的精神财富。为了说明精神财富的重要性，波普尔说，假设现在打核大战，两个超级大国发射核弹，把整个地球上累积起来的物质财富统统打掉，把精神财富也打光了，就是说，有知识的人都死掉了，图书馆、资料库等等也都没有了，人类又回到了最原始的状态。那么，在这种情况下，我们要再建设起来的话，也许还要一百万年的时间。但是，如果仅仅是把物质

财富摧毁了，而人类的知识还保存着，我们再建设就不需要那么长时间，十年、二十年，顶多几十年就可以了。我想这个例子说明了知识的重要性。

3. 科学与“前科学”

什么是知识，大家常常想到的是科学，这是很重要的知识。但是现代意义上的科学，还有一个约束，就是科学必须能够相互联系起来，构成一个体系。现在不但自然科学、工程技术是一个体系的，还要与社会科学联系起来，整个现代科学技术要联成一个整体。是不是知识就限于科学技术？那当然不是。人从实践中认识到很多东西，其中有些东西还没有进到科学的结构里面去，是经验。比如，现在争议很多的中医是不是科学？中医很重要，宪法上都说要发展传统的医学，但是中医现在的处境很困难，有的同志甚至说中医现已濒于消亡。这里且不讲十年内乱的情况，就是现在，这个问题也还是这么严重！我想，问题的症结是，中医不是现代科学，是经验。中医治病确实有疗效，但是怎么回事，恐怕老中医自己也说不清楚，中医书上也说不清楚。我举这样一个例子是想说明，中医上的东西是知识，但不是科学。也可以用恩格斯的话说，中医是经典意义上的自然哲学，而不是现代科学①。自然哲学里虽然有丰富的经验，但包括了很多猜想的因素，因此不是科学，但是我觉得，说不是科学并不等于就不重要。。

我认为，我们谈信息，或者说知识，说人类的精神财富，包括两大部分：一部分是现代科学体系；还有一部分是不是叫前科学，即进入科学体系以前的人类实践的经验。这都跟思维科学有关系，因为这些都是人认识客观世界的结果，而思维科学就是要解决人是怎样认识客观世界的，有什么规律。因为客观世界是无穷尽的，人认识客观世界的过程也是无穷尽的。人现在认识到的客观世界，不管是科学还是前科学，只是整个客观世界的一个很小的部分，而且情况是在变化的。一部分前科学，将来条理化了，纳入到科学的体系里，那么前科学的内容是否少了一点呢？不会的，因为人类还在不断地总结自己的实践经验。这都联系到思维科学，所以思维科学的任务非常光荣，是一件大事情。从前人类发展还没有到达这个阶段，好像不大认识这个问题。现在说“信息社会”，知识是生产力，那就非常重要了。我们要从迎接新技术革命，或者迎接人类社会的第五次产业革命的角度来认识这个问题。所以，我觉得研究思维科学确实是当务之急。

思维科学中的基础科学

下面我就分别讲一讲思维科学方面的问题。先从思维科学的基础学科——思维

① 钱学森，《大自然探索》，3（1983）1—5。

学讲起。

先说人的思维除了有自己能够控制的意识以外，还有很多所谓下意识，就是人脑不直接控制的意识。比如人走路，开步走是人脑控制的，走了二、三步后就“自动化”了，脑子并不去想该怎么走。要拐弯了，又控制一下。所以，人确实有很多意识是没有经过大脑的。这是另外一个科学部门，即人体科学要研究的。思维科学是要研究人能够控制的那部分意识。

以前我按我们习惯的称呼，把一个人的思维分成三种，抽象（逻辑）思维，形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维。这只是说从思维规律的角度来说，有这么三种；但是，第一，不排除将来进一步研究会发现这样划分不合适，或还有其他类型的、具有不同规律的思维。第二，虽然划分为三种思维；但实际上人的每一个思维活动过程都不会是单纯的一种思维在起作用，往往是两种、甚至三种先后交错在起作用。比如人的创造思维过程就决不是单纯的抽象（逻辑）思维，总要有点形象（直感）思维，甚至要有灵感（顿悟）思维。所以三种思维的划分是为了科学研究的需要，不是讲人的那一类具体思维过程。

这三种思维学都是思维科学的基础科学，也可以合称之为思维学。我在下面还要提出另外一门思维科学的基础科学：社会思维学。

1．社会思维学

人的思维是不是集体的？答案是肯定的。因为我们要认识客观世界，不但靠实践，而且还要利用过去人类创造出来的精神财富。什么知识都不用，那就回到了一百多万年以前我们的祖先那里去了。所以人的思维质量的好坏，一是靠社会实践，二是靠知识。知识是人类社会实践的一个非常重要的补充。所以人的思维是集体的。

从学术讨论对人的启发作用这个角度来看，也是如此。我感到，我们国家的学术讨论气氛不太活跃。所谓不活跃，就是一个同志在会上讲了之后，没有一个人发言、讨论。第二个人再讲，也是如此。外国的学术交流和我们不一样，一个人作了报告之后，讨论热烈极了，发言各有不同，有的是提问，有的发表不同意见，有的作补充，有的提新看法。所以过去我曾经想，学术讨论是不是西方的东西？那个在天文学上有很大贡献的哥白尼，他之所以会提出日心说，据说是得益于他所在的波兰大学里有一个很好的学术组织，大家相互促进，所以他才有那么大的成就。但去年王炳照同志说[①]，在南宋淳熙二年，吕祖谦在江西信州主持“鹅湖之会”，由朱熹和陆九渊等讲论为学之道，辩论甚烈，首开“讲会”之先河。这篇文章里还说，讲会有规定，各种意见都可以讲，不同意老师的意见也可以讲，老师不能骂学生。

① 王炳照，《光明日报》，8（1983）26。

还有一条是不准在会场之外吹冷风。违反这些规定者，下次不许参加，这是很严肃的！既活泼，又严肃。南宋淳熙二年，即公元1175年，比西方的学术讨论会还早三百多年呢！

当然，我们党提倡“百花齐放，百家争鸣”，这确实是非常重要的。据我个人体验，在国外，哪一个学术中心学术讨论搞得好，这个中心的学术成果就多。在学术讨论中，不是每个人讲的都是正确的，错了也没关系。我们中国人现在好像错了就下不来台似的。我认为不然，在讨论中，讲错话，提错误意见的人，对于最后得出的正确结论也是有贡献的。

所以人的思维是集体的，不完全是一个人的，它受集体的影响也是非常重要的。

我看到过两篇文章，一篇是朱长超同志写的[①]。还有一篇是李燕强同志写的[②]。我认为这两篇文章里讲了很多有意义的事情。比如说，在人类发展中意识是逐渐由感性意识转向理性意识，由具体的意识转向抽象的意识，由集体意识向个体意识发展，这一点很有意义。这就是说，在人类的早期，个体意识几乎是没有的，都是集体的。人们还举蜜蜂的例子，认为蜜蜂是集体的意识，没有个体的意识。在观察人类社会组织进展中也发现，人类进步了，才逐渐出现个体意识。朱长超同志似乎强调这一点：他说，越是古老的意识，理性成分、抽象的能力、个体意识的水平就越低。言下之意，他不大强调集体的作用，社会的作用。是不是朱长超同志也受了皮亚杰的影响？皮亚杰的心理学是不大讲社会作用的。我觉得，我们要很好地认识这个问题。人是社会的动物，人的发展不能脱离社会对人的影响，我们国家的心理学界在这一点上是明确的，所以我觉得，我们是不是要认真地探讨一下，在思维科学中的基础科学里也研究集体和集体所创造出来的精神财富对于一个人思维的作用。那么，反过来说，个人生活在社会里，它对于社会的集体也有作用，也有贡献。因此，我们要研究个人跟集体和集体创造的精神财富在思维方面的相互作用。

这可能是一门新的学科，社会思维学。它当然跟社会心理学等等都有关系。我们研究思维科学的，也要研究社会思维学，这是一个客观事实，不研究不行。我认为，这个问题在我们国家是个重要问题。因为在我们国家，不但是学术讨论气氛不浓，就是一个集体当中，封锁、闭塞、闭关自守等现象也非常严重。这是违反社会思维学的规律的。

因为社会思维学要研究人作为一个集体来思维的规律，它与集体的相互关系，相互影响。所以这是一个系统学的问题。从系统学的角度来看，一个系统不是浑然

---

① 朱长超，《自然辩证法通讯》，1（1984）13—20。

② 李燕强，《哲学研究》，12（1983）36—41。

一体，而是有层次结构的。当然，最底层是人，每一个人。再以上是集体（家庭、同道等）、国家、世界。我也发现，现在一种常见情况是，他的爱人跟他是同行的，搞一样的东西，这个家里就是一个调，形成这种情况的社会原因我不去讲它了。在国外这种现象是很少的，很可能一个是搞自然科学的，一个是搞社会科学的。这里我想说明的是，系统中怎么样的一种组合是最好的。我们要讨论问题，假设两个讨论问题的人，或者讨论问题的集体完全没有共同语言，你说的他根本不懂，当然不行，所以又要有同行。但是，你接触的这个集体里都是清一色的，恐怕也不行。清一色的组织是出不了好东西的，反而变成了闭塞。

那么，专与不专怎么统一起来？这就说到一个非常重要的问题，就是人的群落问题。关于这个问题，我最近看到山东大学的李庆臻、胡孚琛二人合写的一篇文章[①]，他用了一个生态学的名词，我认为这篇文章里面讲的就是我刚才说的意思，即怎样组成群落？这是应用社会思维学的问题。

2. 抽象（逻辑）思维学

首先必须说明，我们在这里讲的逻辑，是人的思维规律，而不是作为哲学涵义的客观世界发展运动的规律，那将包括因果关系等不属于抽象思维学的内容。哲学内的辩证法也是讲客观世界的发展运动的，也不属于抽象思维学。

我们在这里讲的抽象思维学，也有些同志认为可以直接称为逻辑思维学，但我觉得仍然称作抽象（逻辑）思维学为好，因为抽象思维比逻辑还广阔些。就是说，抽象思维学里面的逻辑思维比我们常常说的数理逻辑似乎更广泛一些，譬如说多值逻辑，数理逻辑碰到多值逻辑，结构就要变了，譬如所谓量子逻辑[②]。这种变成符号化的数理逻辑，碰到各种不同的情况，它的结构就变化了。也还有其他逻辑，比如所谓模态逻辑（Modal Logic）[③]也是非常重要的。我觉得我们研究抽象思维学是不是可以研究抽象思维与数理逻辑的关系？这是一个问题。

抽象思维中还有辩证思维，有的同志称之为辩证逻辑。据我所知，一九八二年出了两本书，一本是章沛主编的《辩证逻辑原理》，由湖南人民出版社出版；一本是马佩主编的《辩证逻辑纲要》，由河南人民出版社出版。“辩证逻辑”是什么？讲讲道理比较容易，具体运用就不那么容易了，用不好会犯错误，原因是没有形成规律。作为思维科学基础的辩证思维理论如何进一步规律化也是抽象思维学的一项艰巨研究任务。关于这一点，我从中国社会科学院近代史研究所何新同志的文章[④]

① 李庆臻、胡孚琛，《科学学与科学技术管理》，7（1984）6—9。

② R. I. H. Hughes：Quantum Logic，Scientific American，10（1981）146—147.

③ 王元元，《自然杂志》，6（1984）446—450。

④ 何新，《自然辩证法通讯》，4（1981）24—31。

得到启发：我想如果把集合论的二维平面Venn图加以发展，引入时间，形成三维的结构，成为枝干有粗细的“树林”，也许有可能引出“数理辩证逻辑”，使辩证思维规律化。只有到那时，辩证思维才真正进入抽象思维学。

再有一点，不知道对不对？就是形象地讲，抽象思维好像是线型的，或者分枝型的，这是它的特点。这联系到一个非常重要的问题，就是电子计算机。因为一切逻辑思维的东西都可以上电子计算机，都可以用电子计算机来代替人的劳动。现在电子计算机的最大作用就是如此。也就是说，他可以代替人的抽象思维，但不能创新科学技术。不久前胡世华同志说了一句话，对我很有启发。他说，图灵机（Turing Machine）就是这么个东西。我一想，对了。许多同志把图灵机讲得神乎其神，实际上，图灵机是代替不了人的，因为图灵机能够做的，就是抽象思维、逻辑思维这一套。人的思维比这个范围大多了，我们搞思维科学的必须明确这一点。Turing有贡献，但是我们把图灵机说得那么万能，也不妥当。

3. 形象（直感）思维学

再就是形象思维或叫直感思维。这个问题，以前我从实践当中有些体会。一九五七年写了一篇短文[①]，那时候我没有什么理论，仅是朴素的感觉。技术科学是把基础科学应用到具体的问题当中去，这里不完全是逻辑推导、演算。因为要解决一个具体问题，现象是很复杂的，你要在这么复杂的现象里抓住要害才行。抓不住要害，就无从做起。那么要害问题到底是什么呢？它是在东面还是在西面呀？如果它本来在东面，你往西面去攻，攻了半天白攻了。而且，既然问题是复杂的，你就不能一口吞下去，得一口一口地咬。往哪儿咬，从何下手？这就是要对研究对象有一个认识。至于认识是怎么来的？那时我也说不清楚。

再有一点是，我那篇文章讲，工程师处理问题，别人看来不明白是怎么回事。譬如总工程师最后下了决心，大家就这么干。一干对了，究竟怎样对的？为什么要这样干？谁也不知道是怎么回事。在当时，我说的是总工程师。实际上，战争中的指挥员，都是这样的人物。他有丰富的经验，他把地形一看，形势一估计，决心就下了。参谋们可能向他提了很多方案、建议，他说不行，就这么打。别人搞不清是怎么回事，但是仗一打，胜了，说明他是正确的。

这样的例子多极了，任何人只要做工作，大概都有这个体会。关于这个问题，张光鉴同志有个理论，叫相似论[②]。他说是探讨相似在科学技术思维发展过程中的作用和规律。大家可以进一步研究，形象思维中相似是个因素。我一九五七年的那篇文章只提了个问题，当时也闹不清楚是怎么回事，但是现在我觉得，这里头最根

---

① 钱学森，《自然辩证法通讯》，1（1957）1。

② 张光鉴，《农村发展探索》，3（1984）118—150。

本的是形象思维，或者叫直感思维。这个形象思维好像跟那个抽象逻辑思维的路子不一样，抽象逻辑思维是一步步推下去的，是线型的，或者又分叉，是枝叉型的。而形象思维常常连一点来龙去脉都搞不清楚。所以我似乎觉得它是不是面形的、二维的，而不是一维的？

诺贝尔奖金获得者L. Pauling是位化学家，搞理论化学的，研究分子结构，把量子力学用于研究化学分子结构是他的贡献。研究分子结构，都是用电子衍射等办法。当研究生向他报告，把某个分子结构研究出来了，Pouling想了几分钟，说不对，你说的那个结构在那个角落里打架了，没有空间，原子塞不进去呀。Pouling没有画图，就那么一想。研究生回去一查数据，果然是这个问题自己忽略了。你说Pauling老师是推理吗？不是，是怎么出来的？他也说不清楚，但他知道就是这么回事。

去年，美国科学家B. McClintok获得诺贝尔生物学奖。McClintok是专门研究玉米遗传学的。在四十年代，她曾预见到染色体中遗传基因内的“转座因子”（transposition elements）。当时，她的理论是整个遗传学界不能接受的，到了五十年代以后，脱氧核糖核酸的螺旋结构才搞出来，到七十年代末期在细菌中发现了“转座子”（transposon），才证明McClintok在四十年代末提出的理论是正确的。但在四十年前，大家头脑里不可能有今天的分子遗传学概念，而McClintok是超越了那个时代的，那当然不完全是科学推理。她的工作方法也似与众不同，有时候，她一个人想问题，跑到树荫底下捉摸，冥思苦索。她在获得诺贝尔奖金后说：“我这么多年来，确实得到许多愉快的经历，我的经历就是问玉米，要玉米给我解决问题。我给玉米出题，然后我就等着，从玉米生长的表现得到回答。”她认为，她跟玉米的关系好像是朋友关系，可以对话似的。所以，很难说她那些工作完全是靠抽象（逻辑）思维的。

在日常生活中，这种例子多得很。比如说，有块铜片不平，一位钳工老师傅拿起锤子，噹噹几下子就平了，别人就不行。这位钳工老师傅能不能把他的经验给你说出个道理来？说不出来。这说明什么呢？说明这不是科学的推理，而是实践的经验。这些实践经验还没有总结出科学的规律来，还没有进入到科学的行列。

我认为，我们既要认识到经验的重要性，又不要犯经验主义的错误。在运用经验时，切忌硬套，死抱住过去的老经验不放。在现实生活中，这个毛病恐怕还很多。例如现在中央的许多方针政策，很多基层干部不理解，觉得中央的政策跟他那一套老经验对不上号。记得几年前，我去参加一个讨论国民经济长远设想的会议。我不懂经济，是外行，思想倒是解放的。最后，有一位从解放后就担任一个省的经济领导工作的老同志说，他听不懂我们讲的话。他说，“在新中国成立后的一个时

期，我这一套很灵嘛，为什么现在不灵了？”这很简单，就是你拿过去那一套经验往现在的情况上套，那就坏了，变成了经验主义。所以，我们在运用经验、形象思维或者相似论这样一些概念时，要有一点警惕性，弄不好就会犯错误，变成经验主义了，变得思想很保守。所以我以为，如何正确运用陶伯华同志提出的“类比推理”[①]是个问题，要是机械地运用这种类比推理，就要犯错误，就会变成套框框。总之，运用形象思维要小心，要用得对。

反过来讲，人认识客观世界首先是用形象思维，而不是用抽象思维。就是说，人类思维的发展是从具体到抽象。比如，小孩子的思维也是从形象思维开始，然后到抽象的，你跟很小的小孩子讲道理是讲不通的。在这一点上，我同意王南同志的意见[②]：形象思维在一些动物身上已经开始了，人类很早就有，从人的发展来看，一般讲，语言先于思维，是指抽象思维而言的，形象思维是在语言以前就有的。是不是这样，大家可以研究。

这样说来，形象思维应该是我们当前研究思维科学的一项最重要的任务。因为它这么广泛，涉及到人类很大一部分知识，很大一部分精神财富，但我们现在对它却不怎么了解。关于这个问题，凡是对我们有用的，可以给我们提供一点线索、一些启发的东西，都要下功夫去搜集、分析、研究。

首先在心理学方面，现在兴起来的认知心理学，华东师范大学胡寄南教授在这个会议上专门有论文报告[③]，这当然是很重要的一个方面。认知心理学也涉及到模式识别问题。据我所知，在我们国家，研究这个问题的，有中国科学院自动化研究所的戴汝为同志，中国科技大学生物物理系的陈霖同志和华中工学院的李德华同志等。这是一个很大的问题，比如认字，人认字的本事大得很，写得很潦草的字，龙飞凤舞，也难不住人。用机器去认，就不行了。现在，外国图书馆里有盲人读书机，认印刷体可以，能读出来，书写体就认不出来。前几年邮政局搞邮政编码，中国科学院自动化研究所搞了一个识别数字的机器，虽然只是几个简单的阿拉伯数字，由寄信人填写，机器也识别不全，邮电部只得放弃这个办法，还是由人去分。可见，人比电子计算机要高明得多。

其次还有语言问题。不久前在北京举行的“第五代电子计算机专家讨论会”上，中国科学院声学研究所的侯自强同志说，你们搞计算机语言，但人的自然的话叫言语，要加以区别。人听话的本事也是很大的，比如我在这儿讲话，即便我的话里毛病很多，可能文法也不对，还有些语气词夹在里头，大家可能都听得懂。一个

① 陶伯华，《求是月刊》，3（1984）29—36。
② 王南，《求是月刊》，2（1984）15—24。
③ 胡寄南，《认知心理学的兴起和发展》。

人的口音很重，也可以听懂。要是机器呀，就不行。现在机器能够听懂的，就是口令式的东西，国外已在应用；比如，战斗机上驾驶员的口令。为了在战斗中使驾驶员的眼睛不离开敌机，得用口令来操纵，这个机器能听懂，但是听人讲话或者听言语不行。这里边是不是有个形象思维的因素？

第三个方面是人工智能，这里问题就更多了，什么计算机下棋呀，专家系统呀，等等。对于一位熟练的人来说，那是没有问题的。他觉得该这么办就这么办。但是，他是怎样做出决定的？为什么一下子就看得那么清楚，这是不是跟形象思维有关系？因为，可以肯定的一条是，那不完全是推理。

再者，中国科技大学的陈霖同志认为[1]，图象或者模式识别是跟图形的拓朴学有关系，是一个整体分析问题。过去，不用拓朴观点，不用整体分析观点的路子可能走错了。这个概念是陈霖同志在美国提出来的，很受重视，这可能是一个新的途径。当然，这涉及到视觉的生理心理学问题。必须指出，生理学家、脑科学家们，对视觉确实下了很大功夫。但是人的视觉是很复杂的，研究了这么长时间，也出了不少成果，然而直到现在，根本问题仍没有解决。这不是指光的信息是怎么进去的，这个简单，而是指人脑是怎么处理这个信息的。比如熟练的外文打字员，为什么打得那么快[2]？如果程序是：人看到一个字，然后反射到脑子里，再由肌肉去控制手指头，那就慢得多了。实际上，这里面是个什么关系？所以在视觉生理心理学方面，有很多材料可能对于我们研究形象思维学是有帮助的，我们要吸取这方面的成果。

第四是文艺理论、美学，这当然跟形象思维有密切关系，我们国家对这个问题的争论是不是已经解决了？不少同志从前说，文艺只有抽象思维，没有形象思维。后来毛泽东同志说还是形象思维。关于美学，什么叫美，这是跟形象思维密切相关的，而且是一个古老的领域，已经做了很多工作。这些工作虽然还不能说就是形象思维学的工作，只能说是形象思维学的应用（关于这一点，在后面讲美学时还要说），但对于我们搞形象思维一定是很有意义、很有帮助的。所以，我们也要从这一方面吸取营养。

第五，就是人体特异功能。人体特异功能怎么跟形象思维有关系呢？因为从已经做的一些实验来看，是很有意思的。比如，耳朵认字，或者认出密封在里面的东西，这个过程是很复杂的。他认一个“十”字，开始认的时候，可能不是个“十”字，是一部分，比如只有一横，或者一横上还有一竖，有点像“上”字，又一看不

---

① Chen L., Topological structure in visual perception, Science, V01. 218 (1982) 699—700.

② Timothy A. Salthouse: The skill of typing, Scientific American, 2 (1984) 94—99.

对，好像是“下”字，这段过程，可能有几分钟。据有特异功能的人自己描述，他脑子里有个形象在那儿转，一会儿像这个，一会儿像那个。几分钟之后，他认出来了，一下子就明确了。这个过程好像是人的视觉过程的放慢，可能放慢了几千倍，从而使过程可以描述出来，这很有意思。另外，特异功能还有一个低倍数显微镜的作用。这方面做过一些认真实验的，是北京大学陈守良同志。这也可以给我们提供形象思维的资料。

第六，联系起来，还有个做梦的问题①。人在醒觉时得不到对问题的答案，可以在梦里得到，在梦里怎么得到答案的？他描述的梦里的情况都跟形象有关系。再者，跟做梦有很密切关系的是灵感。我们这儿说的是形象思维，不是灵感思维，但是灵感思维里的一些观察结果，将会有助于我们研究形象思维。关于灵感问题，我在后面还要讲。

第七，最后一点，就是心算神童，这些人的情况是很有意思的②。不久前，我见到中国科学院半导体所的王守觉同志，他说我们国家的一位心算神童史丰收，在他那儿工作过一段时间，他经过观察认为，史丰收所以算得那么快，是他脑子里记住了一些具体的数值计算结果，他有个很大储存库。当你出了题目以后，他就用那个储存库里已有的东西凑凑就解决了。凑不上，再稍微改一下，这样计算，工作量就小多了。我设想，他库里的东西跟你出的题目怎么个凑法？这恐怕不完全是逻辑的东西，对我们研究形象思维也可以提供素材。

以上我说的恐怕还不全，我的意思是，要综合一切可以利用的素材，加以整理，把它构筑成一门形象思维的学问，形象（直感）思维学。当然，在运用这些素材时，我们要采取严肃的态度。现在我看到有一些同志在论述形象思维时，好像把形象思维说得有一点虚无缥缈，好像形象思维什么都行似的。有同志提出来一套分析形象思维的“泛系分析”，而泛系分析这个词是吴学谋同志提出来的。还有同志讲“美学的泛系论”，都很难捉摸，不知说什么东西。所以我们在用一切资料的时候，还是要严肃地进行科学分析。

我建议把形象（直感）思维作为思维科学的突破口。因为它一旦搞清楚之后，就把前科学的那一部分、别人很难学到的那些科学以前的知识，即精神财富，都可以挖掘出来，这将把我们的智力开发大大地向前推进一步。这还同我前面讲的社会思维学有很密切的关系，因为人们在交往中，很多是用形象思维，而不是用抽象思维的。

---

① Morton Schatzman：Sleeping on problems really can solve them，New Scientist,1983．8．11，V01．79，416—417．

② John Cohen：What makes a calculating prodigy，New Scientist，1983．12．15，V01．100，819．

4. 灵感（顿悟）思维学

关于灵感思维，黑龙江省委党校刘奎林同志做了不少工作[①]。我在和他讨论的过程中有一个想法，好像灵感是形象思维扩大到潜意识。所以我说，如果逻辑思维是线性的，形象思维是二维的，那么灵感思维好像是三维的。这就是说我们的中枢神经系统接受外界的信息，有几种可能性，一种就像人走路，已经开步走了，脚已经踩在地上，这些反映传到人的神经系统，神经系统产生反射式的动作，来控制人的肌肉。这些反射式的动作，是下意识的，根本没有进入到大脑的上层，所以人没感到想怎么走，自然就走起来了。另外，这些信息到了人的大脑之后，是经过显意识，就是人对意识到的思维过程进行加工，然后是有意识的动作，不是反射式的动作。但是所谓灵感，恐怕是人脑有那么一部分对于这些信息再加工，但是人并没有意识到，这在国外也称为“多个自我”[②③]，即人不光是一个自我，而是好几个，一个是自己意识到的，还有没意识到的，但它也在那里工作。那么，假设一个很难的问题，在这些潜意识里加工来加工去，得到结果了，这时可能与我们的显意识沟通了，一下得到了答案。整个的加工过程，我们可能不知道。这就是所谓的灵感。从前我也讲过，灵感、灵感，不是什么神灵的感受，而是人灵的感受，还是人，所以并不是很神秘的事。不过在人的中枢神经系统里是有层次的，而灵感可能是多个自我，是脑子里的不同部分在起作用，忽然接通，问题就解决了。那么，这样一个说法，实际上就是形象思维的扩大，从显意识扩大到潜意识，是从更广泛的范围或是三维的范围，来进行形象思维。从这个意义上说，灵感思维与形象思维有密切关系，这也是胡建平同志[④]说的意思。

这项工作怎样做？我觉得，现在我们还只好耐心，突破口在形象思维，如果形象思维解决了，那么灵感思维也就比较容易解决了。目前，我们只能收集资料。但灵感的描述有时色彩很浓厚，添油加醋的，所以收集资料时千万注意，要真实。

我还要附带讲点不同意见。山西省社会科学院思维科学研究所张铁声同志，按照Köhler的说法，认为insight是顿悟，这么说顿悟就是直感了。对这个我有一点意见。看来Köhler对insight这个字的理解有错误。我理解insight是直感，而不是灵感。灵感英文是另外一个字，叫inspiration。insight是什么涵义？比如，一个学生与一位大科学家在一起讨论问题，学生觉得这个问题没有线索，不清楚。但是科学家说很清楚。然后，学生去仔细分析一下，做一做实验，证明科学家是对的。为什么学生看不出所以然来，而老师一下子看到了？如果我是学生，就要问老师怎么回事。老

① 刘奎林，《求是月刊》，4（1983）1—11。

② Multiple personality not all in mind，New Scientist 1983．5．5，VOl．98，290.

③ Hilary Roberts：Grow your own personalities,New Scientist，1984。2．2，VOl．101，12.

④ 胡建平，《求是月刊》，4（1984）7—15。

师的回答是说不清楚，你好好学，将来有经验了，知识丰富了，你也可以做到这一点。这就是说，它不是科学，而是经验的积累，这是形象思维的一部分，或者是形象思维在科学里面的直感，也是我们常常说的，这个人看到了问题的核心。就像McClintok与玉米“交谈”，看到了玉米问题的核心一样。但是，灵感不一样，它不是我们意识中能够求得的，而常常是把意识放开了，比如，睡觉啦，干别的事啦，忽然来了，就是来去无踪。而直感即insight对于专家来说，是来去有踪的，能琢磨得出来的。现在讨论这个问题的人很多，但如天津医院叶伟胜同志也是把直感和灵感混在一起了，结果把直感和灵感都统统认为是人的潜意识的作用。我要强调直感是显意识，而灵感是潜意识。我从自己的接触中感到有这么些问题，讲得对不对？请同志们研究。

以上四节中讲了思维科学的基础科学，大概就是这么一些内容，叫思维学吧！当然，还有同志提出很多其他种类的思维，我觉得不太确切。这里就不一一列举了。

思维科学的应用科学

下面我讲几个思维科学里更接近应用层次的领域。我不是全面地讲，只讲几个我现在认识到的问题。

1. 情报科学技术

关于情报科学技术，大约在一年以前，开过一次国防科工委系统的情报工作会议。在会上我作了一个发言[①]，讲的是科技情报工作里的科学技术问题。为什么我讲这个问题呢？我觉得科技情报在科学技术里面的重要性大家是清楚的，历来领导上都很重视。在我们国防科研体系里，情报工作一直放在很重要的位置上，组织了一支相当强的队伍，大概有十万人以上。但是，过去总是把科技情报作为一项工作来考虑，没有认识到要做好科技情报工作，还要研究它本身的科学技术问题。比如说，有没有情报学这门学问？我认为有情报学，它当然是一门应用科学，就是把情报工作上升到理论的、系统的学问，使科技情报工作形成一个有效的组织结构体系。

有了情报学之后，具体做这些工作所需要的科学技术，就是情报技术。情报技术也很广泛，比如说现在资料库里的技术就多了，用电子计算机、磁带、磁盘、光盘等等。检索要有一套复杂的系统。其他两个方面又有很多特殊的技术。这些都属于情报技术。

情报科学技术是思维科学的应用范围，或者说是技术科学的层次。现在从事这项工作的人是很多的。迫切需要用思维科学的概念，把这方面的工作认真地发展

① 钱学森，《科技情报工作》，10（1983）1—9。

起来。

2. 语言学与信息学

再一个属于应用科学层次的思维科学，就是语言学。科学的语言学已经是非常重要的部门了，理由是因为信息的传递，总是和语言有关系。而且常常因为各种原因，或者是因为保密，或者是为了让信息可靠地传过去，抗天然或人为的干扰，还有一个编码和译码的问题。因为我们现在传递信息的一种非常重要的手段是无线电波，比如用通讯卫星。就是说你在传递信息，这件事是谁都知道的，而且谁都可以接收这些信息。问题是如果你不愿意他接收的话，就要编码，要保密。这是一个很大的问题，一门很大的学问。上面已经讲了科学语言的研究，也有助于形象思维学的研究。因为看起来人的自然语言不光是逻辑推理的问题，好像已经用了形象思维，这方面已经有了一个很好的队伍在搞。我们研究思维科学的要重视这方面的工作。

再一个方面是信息学。关于这个问题，现在思想认识还不统一。什么是信息？有各式各样的说法，人们常常说到美国科学家维纳，这个人我和他有接触，他常常开玩笑似的讲话，所以他讲的并不都是很严肃的。维纳曾经说，“什么是信息？信息不是精神的，也不是物质的。”这句话好像是开玩笑讲的，但是大家都在引用。那么，信息到底是什么呢？有各式各样的说法。我认为信息并没有什么神秘，信息是由一个点（信源）、一个传播渠道和一个接收点组成的。那用什么传递的呢？传递肯定是物质的运动。比如我在这儿讲话，传递的是声波。声波是什么？是空气的运动。如果传递是无线电波，那是电磁场的运动。这样追下去，一切信息的传递，都是物质运动，不可能有别的形式。只不过是我们怎样来认识这个物质运动罢了。当我们研究信息的时候，有一种特殊的方法，就是看到物质运动的某一个侧面，研究某一个侧面对我们是有用的。物质运动是客观存在的，问题是怎么认识这个客观运动，给客观运动起什么名字，注意它哪一个侧面，这是人为的。请看，物质总是在时空中运动的，而物质有质量，从运动的角度来讲，就是质量，和在时空中所占的位置。研究力学的人就在这个方面概括出了新的概念，比如说动量、能量。既然如此，人也可以注意到物质运动的信息传递的侧面。说它里面有一个信息量，这就是信息学里研究的问题。从申农开始，把信息科学化了，定量化了。所以我个人以为，信息还是物质运动，只是物质运动的某一个侧面被我们概括起来了。

我最近看到山东大学文史哲研究所胡孚琛同志有篇文章讲“广义信息论”[①]，他的广义信息确实广得很，实际上是讲整个系统。讲系统，里面当然有信息；一个系统内部就有信息的变换，也有控制的问题。所以，在讨论这些问题的时候，人们

① 胡孚琛，《大自然探索》，3（1984年）131—140。

常常提出“三论”，就是系统论、控制论、信息论。这个三论现在很流行，我们社会科学界也接受了三论的观点。什么都是三论，我认为这是思想上的混乱。怎么是三论呢？实际上核心的问题是系统，就是一个系统论。在系统里面，你要看到信息传递的侧面，那就有信息问题，你要看到控制的侧面，就有控制的问题。所以，我在前年的一次会议上讲，不是三论，是一论，就是系统论[①]。那两论包括在系统论中了。这样一来，也许同志们说我是以系统来概括信息和控制，而胡乎琛同志是以信息来概括系统和控制。我想，整个系统里面的结构，这是非常重要的，由系统的结构产生的功能，当然也是非常重要的，而功能必然有信息传递，也会有控制的问题。这样说是不是更实事求是一点？

关于思维科学的体系问题

下面我再讲一讲关于思维科学的结构问题。关于思维科学的结构，还是和其他科学技术大部门一样：最直接地改造客观世界的是工程技术类型的学科，比如说情报技术；指导它的理论的是技术科学性质的学科，比如情报学；再把这些概括起来，就成为这个门类的基础科学。而所有的科学，最后最高的概括，当然是马克思主义哲学。马克思主义哲学的核心是辩证唯物主义。每一门科学到马克思主义哲学中间有一个桥梁，就是把这个部门里头的原则性的东西概括起来，联系到马克思主义哲学，我把它叫做桥梁，又是马克思主义哲学的基层构筑。

1. 关于认识论

马克思主义哲学是人对客观世界认识的最高概括。马克思主义哲学当然要指导思维科学的研究；而思维科学的发展，也必然会丰富和深化马克思主义哲学。这么一来一往，即从马克思主义哲学到思维科学，从思维科学到马克思主义哲学，中间的桥梁，我认为是认识论。当然，这也会涉及到认识论自身的发展。我这里讲的认识论，已经不是经典的辩证唯物主义认识论了，要发展。我查了一下《简明社会科学辞典》（上海辞书出版社，1982）关于认识论这一条，有这么一段释文：“研究认识活动的本质及其发展过程的哲学理论。它的主要内容包括认识的主体和对象的联系，感性认识和理性认识的发展，真理的本质，及其发展的过程等……。辩证唯物论的认识论，把实践提高到第一位，并把辩证法运用于认识论，克服了旧的唯物论认识论的缺陷，科学地揭示了人的认识活动的本质及其发展规律，正确解决了认识论的根本问题。”这是对马克思主义认识论的一段评价。释文接着说：“现代科

① 钱学森：《系统思想、系统科学和系统论》，《系统理论中的科学方法与哲学问题》，清华大学出版社1984年版，第4-29页。

学技术发展使认识的主体和客体，手段和方法，都发生了巨大的变化，研究和总结这些变化，并做出哲学的概括，已成为认识论的新课题。”这些说法我是同意的。不要把认识论看作是固定的，它必然要发展，因为人类在进化，人的知识在发展。

对于我刚才说的这一些看法，有一些同志不大同意。比如说，中南矿业学院的曹利风同志有一篇文章《思维科学体系初探》，副标题是“兼评钱学森同志关于思维科学体系的设想”①。他认为认识论是思维科学的基础科学，属于思维科学的基础理论。他的“认识论”也包括了科学方法论、形象思维和灵感。而他的基础理论中也有包括了形式逻辑和辩证逻辑的逻辑学。此外还有跟基础理论平行的生理的基础，那就是脑科学之类的东西。曹利风同志认为，思维科学的技术科学有系统论、信息论和控制论。这三论又出来了。他这种说法，涉及整个学科的体系，什么是自然科学，什么是系统科学，什么是人体科学，这些统统都不划分了。这是一种议论。华南师范大学哲学所的傅寿宗同志不同意曹利风同志把逻辑学说成是思维科学的基础理论。但是，他又说认识论是基础，不是桥梁。还说思维科学只有基础理论和应用科学，没有基础学科、技术科学、应用技术这样三个层次。

所以，这方面的议论很多，思维科学到底是怎样一个结构，大家还可以研究。我的意见就是前面讲过的这些。

2. 思维科学包括脑科学吗?

我觉得关于思维科学的体系还有以下几个问题值得进一步研究。

第一，是科学技术的体系结构。我们不能就思维科学谈思维科学，要考虑和其他科学技术部门的关系，比如和人体科学、系统科学的关系。你不能把系统科学和人体科学的东西拉到思维科学里来，也把它纳入这个体系之中。我认为，研究人的大脑活动，当然是非常重要的，它与思维科学有很密切的关系。诺贝尔奖金获得者斯佩里认为，意识、精神活动是大脑活动的最高层次。大脑活动有很多层次，最高层次是精神和意识的活动。而他把研究大脑最高层次的活动叫精神学（Mentalics）。精神学又跟心理学有关系。但是，精神学和心理学应该安排在人体科学体系里，因为它涉及的不光是思维、意识，也是人体科学的基础。

不久以前看到一本一九八三年出版的会议录，名字叫《脑的协同学》②，四位编辑中的哈肯我是比较熟悉的。他就是协同学（Synergetics）的创始人，协同学实际上就是系统学，他叫协同学。看了这本书就会知道，斯佩里提出的所谓精神学，即人脑的最高层次的活动这一门学问，要建立起来是很不容易的。什么叫脑的协同学呢？就是他们觉得，过去研究脑的方法常常是用探针测电位，而脑是那么复杂的

① 曹利风，《自然信息》，3（1983）51—53。

② E. Basar, H. Flor, H. Haken and A. J. Mandal, Ed..Synergetics of the Brain, Springer Verlag,1983.

一个系统，脑的活动，不是从哪一个局部就可以研究清楚的，而要研究脑的整个活动。这就是协同学的观点。哈肯在文集的头一篇文章中就很强调地说，不能把大脑作为那么多的神经单元的叠加，是集体，但这个集体的活动远远不是把单个神经细胞的活动加起来能够解决的。他特别提出批评的是，过去用的一些探针研究方法。探针的测量对不对呢？当然是对的，探针测量的那一点确实有电位变化，但你不知道其他的点是不是也有变化，你没有同时测量嘛。这种研究方法就很成问题了，这就是只知其一，不知其余。

这就使我想起著名瑞士心理学家皮亚杰的一些论述①。他认为，研究心理学，如果是从现象出发去找解释这个现象的答案的话，那就有点盲人摸象似的，没有看到整体，而人的活动都是互相联系的，只从一点去观察脑的活动，然后要做出解释，那就会这样解释也行，那样解释也行，很多解释方法都可以解释得通。为什么呢？因为你没有看到所有这一些因素的联系，它们的协同动作嘛。

我看到外国有的评论说，研究意识、研究人的思维，可以有两条道路。一条路是研究脑——脑科学。第二条道路是从心理学、人工智能，或者叫认知科学方面着手。评论说，看起来走第一条道路好像是最根本、最彻底的，但是这条路很长，一时恐怕得不到什么结果，我们还是不得不走第二条路。

本次会议中有国防科工委航天医学工程研究所刘觐龙同志的论文，对此也有阐述，我讲这些话是什么意思呢？就是说不要把思维科学跟人体科学混在一起了。如果我们用更彻底的办法，这条路非常长，恐怕一时、两时不会有结果，还得依靠我们思维科学内部的一些方法来研究。正如物质结构当然可以深入到基本粒子，深入到亚基本粒子、夸克，但多少年来化学家们研究分子结构，并没有等待这些深层结构的阐明；化学还是化学，不必越过学科划分，进入物理学、进入基本粒子物理学。

3. 逻辑是思维科学的唯一基础吗?

第二个问题是，有的同志说，思维、思维学的基础是逻辑。我看这些同志是不是受了古典思维学说定义的影响。古典定义认为，逻辑和逻辑学是唯一的思维规律，人的思维，就是逻辑，就是抽象思维。这在我国是很有影响的，许多人就是抱住这点不放，并搬出经典著作来作为根据。

但是，我觉得，古代的学者认为，只有抽象思维才称得上学术性研究，那些什么实践经验啦，什么小孩学说话啦，又是什么工人师傅的手艺啦，都是不能登大雅之堂的，不能叫思维。不知是不是这样？我们当然不同意这种看法，我们是实事求是的，人的思维是什么就是什么，现在看起来，把人的思维仅仅看成是抽象思维是

① J. Piaget, P. Fraisse, M. Renchlin, Ed, : Experimental Psychology-History and Method, Basic Books,1968.

不对的。

4. 现代科学技术的体系

我要说的第三个问题是，马克思主义哲学是发展的，马克思主义哲学的核心就是辩证唯物主义。辩证唯物主义是人类认识客观世界的科学的最高概括。但是，在马克思主义哲学这个核心之外也是有层次结构的，为什么不允许有桥梁呢？桥梁就是核心结构下面更基础的、联系到各门科学技术的、更直接的那一部分。整个桥梁加核心都是马克思主义哲学，就是马克思主义哲学本身也是有结构的，有层次的①。

我的看法是：一、我们在考虑一个部门的结构时，不能就部门论部门，我们必须看到整体。思维科学跟人体科学还是要分开的。二、认识论也要发展，古典的东西在它那个时代是个很大的成就，但我们不能抱住古典的东西不放。

我们研究科学体系的时候，不是从人的思维是怎么一个发展过程的角度来考虑的。假如从那个角度来考虑的话，当然最根本的是人体科学，最初总是从人出发，由人来认识客观世界嘛。那就是变成第一位的是人体科学，人体科学通过人的思维，所以，下面是思维科学，然后，人最后认识客观世界了，出现了这样一些自然科学部门、社会科学部门、数学科学部门和系统科学部门。这样排起来的话，最高的层次是人体科学，第二个是思维科学，下面的四个部门是自然科学、社会科学、数学科学、系统科学。我们不是这样出发来考虑问题的，我们认为有几个科学部门，它们最后都要概括到马克思主义哲学中去。我觉得这比较合乎科学技术体系的概念。

5. 美学

关于思维科学与美学。什么是美学？我不是这方面的专家，没有什么发言权。我从前说，美学也是思维科学的一部分。现在看来不能这么说。下面就讲一讲我现在的认识。什么叫美？李泽厚同志说过，美是主观实践与客观实际交互作用以后的主观客观的统一。假如做到了这一点，那么人就感到是美的。而这种相互作用是通过思维来实施的。所以，研究美学当然对思维科学是有启发的，而思维科学的成就也会有助于美学的研究。这一点我在前面讲形象与直感思维学的时候已经说到了。

但是，也要说清楚，美学不仅仅是思维。还有另外一些非常重要的内容。根据马克思主义的原理，美是离不开社会的，文艺是社会的产物。这一点在经典的美学著作，像普列汉诺夫在《没有地址的信》中讲得很清楚，他反反复复地讲了这一点：美是社会的产物。所以，美学不能说是思维科学，而只能说思维科学与美学有很密切的关系，美学是思维科学的邻近科学。我觉得这一点有很多现实意义。比如说，在今天的社会，人生活的环境不一样，经历不一样，人的文化水平、知识、智

① 钱学森，《哲学研究》，3（1982）19—22。

力都不完全一样，这都影响一个人的美感。

对于文艺，我们从前认为文艺有纵的划分，比如说，小说、诗词、造型艺术、建筑、音乐、戏剧等等，这是大家都承认的，文艺部门也就是纵的划分。但是，我认为文艺还有横的划分、是有层次的[①]。其实这并不是我的话，毛泽东同志《在延安文艺座谈会上的讲话》中说得很清楚，有“阳春白雪”还有“下里巴人”嘛。如果不这样认识，不考虑人的社会存在对于人的美感的影响，那不符合马克思主义，也不符合大家常引用的普列汉诺夫的经典著作嘛。这在毛泽东同志的论述里面也是说清楚了的。

但是，现在有些人好像认为文艺只有大众爱好这一个层次，其他的都不重视。这是单一化的办法。当然，从人数上来讲，大众的爱好是很重要的，我们抓也是对的。但不能只抓“下里巴人”不抓“阳春白雪”，好像没有这个高层似的，那就不对了。要在提高的指导下普及，在普及的基础上提高嘛。这些都不是思维科学能解决的问题，它是一门社会影响很强的学问。所以，美学的问题更复杂，比思维科学涉及的社会问题更多，不能把美学放在思维科学里面，我纠正从前的说法。关于这个问题，我跟中国社会科学院哲学研究所李泽厚同志交换过意见，我们的认识是一致的。

6. 有“特异思维”吗？

下面，我要讲的这个问题把握就更少一些了，就是特异功能。特异功能是人自己可以控制的人体的功能态，这种功能态肯定与人的中枢神经系统的活动有密切关系。因此，我们可以问：气功、特异功能会不会导致人的另外的一种非常的思维活动，即“特异思维”活动？当然，我们国家有许多古老的说法，比如，佛家说“定能生慧”，“定”就是禅定，也就是佛家气功。这就是说，佛家认为练气功会增加你的智慧。现在四川省社会科学院人体科学与自然辩证法研究所叶峻同志[②]也提出人的特异思维问题。

现在许多外国人也这样讲。比如，John H. Crook写的一本书[③]中，就用了很大篇幅讲气功对于人的智慧的影响。在这本书里，气功称作TM（Transcendental Meditation），还说通过TM可以使人的智慧增加并发展。研究TM就是为了研究还有没有可能使得人的智慧再进一步发挥，这是一种说法。不久以前还看到另外一本书[④]，两位作者都是美国斯坦福研究所的研究人员。这本书的名字叫《精神竞赛》。其含义是说，有特异功能的人跟没有特异功能的人的竞赛。他们用许多科学

① 钱学森，《艺术世界》，2（1982）2—3。

② 叶俊，《思维科学研究简讯》，2（1984）14—57。

③ John H. Crook: The Evolution of Human Consciousness, Oxford, 1980.

④ R. Targ and K.Harary: The Mind Race, Villard Books, 1984.

测量的结果，证明人确实有特异的感受。而且这些特异的感受是可以逐渐培养的，这种培养过程就是要你不受一些常规思维干扰，越脱离常规思维的干扰，你的特异思维就可以越明显地表现出来。这是又一种说法。

再者，从更深刻的角度来考虑这个问题，那就联系到量子力学的哲学解释。我们知道，自从量子力学出现以来，到现在有六十年了吧！这中间，量子力学结论的正确性都已被实践所证实，这一点大家没有什么不同的意见。但是，对量子力学怎么解释就有不同意见了。因为按照量子力学的观点，所有的物质都是相互作用的，没有孤立的物质。这好像把因果关系给打乱了。关于这一点，从前爱因斯坦就不大满意，他跟尼尔斯·波尔争论，一直争到去世。关于这个问题，三十年代就提出了所谓EPR的理论，E就是爱因斯坦，P是Podolsky，R是Rosen。这三个人在三十年代曾经发表过论文，提出隐参量的学说。就是量子力学用的时空不是真的，是表象，还有更根本的东西隐藏在这下面。到底隐藏在下面的是什么，也还没有说清楚。

最近我看到文章[1]，作者是一个科学记者，他去访问英国伦敦大学的物理教授D.Bohm。Bohm是一位很有成就的物理学家，写过量子力学的理论著作。Bohm年轻的时候还见过爱因斯坦，所以他对爱因斯坦的意见是很清楚的。Bohm在一九八O年写过一本很惊人的著作，叫《整体性和隐秩序》[2]，他说，现在我们熟悉的四维时空，不是真实描述物质的好办法，还有更深刻的东西，就是他所谓的隐秩序，隐藏在下面的秩序。他把我们看到的这个秩序叫做显秩序。他说在隐秩序里面，所有的物质都是相互联系的，而且这种相互关系可以超光速地传递。当然他的理论，现在也还没有完全建立起来，但他有这样的基本观点。有趣的是，他谈到这个基本的观点时，对记者说，这个理论要是建立起来的话，可以把特异功能都解释了。

所以，从各方面的情况看，无论是中国古代的话，还是现代外国人对于气功、特异功能的说法，以至于这位Bohm教授的隐秩序观点，好像都隐隐约约地说明，还有另外一种思维，就是特异思维。是不是这么回事，请大家来研究。

思维科学与智能机[3]

下面，我想把上述问题归结起来。我们研究思维科学最终是要为社会主义建设服务。现在我们面临新技术革命的挑战，又是“信息社会”。思维科学对于这么重要的一个问题，到底能做什么贡献？这个问题涉及到前几天我们在这儿开的一个

① J.Gliedman, Mind and matter, Science Digest 1983.3. 68.

② David Bohm: Wholeness and Implicate Order, Boston; Routledge & Kegan Paul. 1980.

③ 钱学森，《自然杂志》，1（1985）3。

会，“第五代计算机专家讨论会”。日本人前几年提出来搞第五代计算机，说它那个第五代计算机比起现有的电子计算机有许多突破。比如说，包括国家信息处理系统（PIPS）。就是计算机能够认识图象。还有一个知识信息处理系统（KIPS），那就是知识库里的东西，机器都能利用。再一个就是专家系统。最后是把这些东西系统地结合在一起，并与逻辑计算结合起来，组成一个体系。这么一个体系要是能够做出来，那就不叫计算机了，它比计算机要广阔得多了，我以为可以叫智能机。因为计算机，就是算嘛，充其量就是把上升到科学的那一部分知识利用起来。前科学的、经验的那一部分没办法算，那不是个推理问题，是形象（直感）思维问题。

前面我讲了，图象处理系统里有经验的成分，经验也是知识。所以知识要比科学的范围广得多；专家系统更是这样。专家系统就是专家的经验，比如说，有了一、二、三，就有九。你问他怎么有了一、二、三，就有九呢？他说不清楚，反正你记住，有一、有二、有三，就有九。这就是在一定范围内总结出来的经验，但是这个经验还没有上升到现代科学。这样的经验存储在库里，如果把这些专家系统都纳入系统里，再加上知识库，那么这系统所处理的问题，就远远超出了科学的范围，把人的实践经验都纳入进去了。所以，这已经不是计算机了，而是把人的知识充分利用起来了。在美国，这叫做知识工程。我觉得这是有道理的，就是人的知识，人的全部精神财富，我们现在要用一个机器把它利用起来。当然，这并不是说，头一台智能机就能做到这样。但是最后要能做到这样，那就是件大的成就。

我们现在要分析一下，日本人这个说法有没有道理？我认为是有道理的。我觉得这里新的因素就是想办法把人的经验纳入到这个系统中去。人的说话，人的认字，都有经验的因素。这就联系到形象思维。形象思维比抽象（逻辑）思维更广泛，逻辑思维只是解决科学问题，形象思维是把还没有形成科学的前科学知识都利用起来。这是智能机的问题。

当今人类的精神财富的量是极大的，我们现在的困难就是不能很好地利用它。过去我们的老办法是去学习，或者请教，这个办法太落后了。许多事情我们不知道，不可能知道，没法知道，也来不及知道。以前古人就说，读书靠记嘛，一个人活到老，读书到老，记的东西也就是那么多，“皓首穷经”。那是说头发都白了，还在那儿念书，没完没了的。现在有办法了，不记也没关系，可以通过现代的电子设备，供你调用。怎么是小事情？

我从前在一篇讲情报系统的文章中，有这么一段话：当我们讨论了建立现代化情报科学技术、图书馆文献和档案信息体系之后，让我们想一想，这将是一个多大的变化。向来一个人自一生下来，都得用脑子记住以往人类和自己社会实践经验产生的知识，对于一个脑力劳动者来说，更是如此。古人夸一个学者，说他博学强

记，可见在脑子里记住学问的重要性。每个人记得住的东西虽然不同，有些人多，有些人少，但总是有限的。比起人类千百年积累起来的知识量，只不过是沧海之一粟，所以前人也说皓首穷经。在将来，我们将从这样一个繁重的脑力劳动中彻底解放出来，查阅资料可以做到如同自己脑子里记得它一样简便，那就不要去费脑子记了。用计算机的终端就可以了。如果我们再深思一步，什么是情报资料、图书文献档案，它包括不包括文学？当然包括。它包括不包括绘画？包括。它包括不包括音乐、乐谱、录音、录象等等？当然也包括。而且包括文物档案，甚至通过全息摄影，它可以包括造型美术，如雕塑等等。那么，我们所设计的信息体系简直可以包括全部人类千百年所创造的，而且还在不断地创造的精神财富。这全部的精神财富又可以由我们一个人随手调用和享受。这不仅能把我们从旧的脑力劳动中解放出来，而且会给我们带来一个伟大的新世界，一个从来没有的高度文化的新世界。难道这不是翻天覆地的变化吗？脑子不要花在记忆上了，那脑子还干什么？从繁重记忆的脑力劳动中解放出来的人，将有可能把智慧集中到整理人类的知识，全面考察，融会贯通，从而搞更多的更高的创造性的脑力劳动。人将变得更聪明，人类的前进步伐将进一步加快。

刚才讲的这些说明，如果不搞智能机，那么我们将会被人类自己创造的大量精神财富压垮。如果搞，那么这样大量的精神财富就可以为人们所利用，大大提高人的智力。

看起来这些问题涉及到形象思维，这个问题要是解决了，我们还会进一步解决灵感思维的问题。现在可以说，这个方面的研究有个门儿了。就是通过智能机，特别是专家系统，因为无论是图象信息处理系统，还是知识信息处理系统，实际都是像专家系统这样的东西，就是把经验、知识利用起来嘛，而专家系统的概念过去在人工智能里已经用了，并逐步在发展。我们国家现在有很多同志在做这个工作，比如中医看病，已经进入计算机，实际上就是一个专家系统。所以专家系统这个东西并不难。现在的问题是怎样进一步提高，把不同的专家、不同的经验，统统搜集起来，统盘地利用。关于这个问题，我看到马希文同志写的一篇文章[①]，文中讲人工智能的部分，就是涉及这样一个问题。按照马希文同志的意见，这个工作是可以做的。就是把不同的小的专家体系联合起来，成为一个统一的大体系。当遇到问题时，我们可以到这个大体系中去寻找最适合的专家系统。然后用这个专家系统来解决问题。当然第一代智能机搞出来也许还是初级的，但它朝这个方向走了一步，也非常重要。将来还有第二代，第三代，继续做下去，最终总可以做到把人类的精神财富全部调动利用起来。这是一件了不起的大事。这一任务就跟我们思维科学有密

① 见马希文，《自然杂志》，6（1984）409—413。

切关系。思维科学也要通过这项任务向前发展，比如解决形象思维的问题。既然如此，我们思维科学工作者就面临着怎样参加第一代智能机的工作，怎么为中国的第一代智能机作出贡献的问题。在我们思维科学界，能不能组织一支力量，为中国的第一代智能机作出贡献？这可是一项重要的、全国性的任务。行不行，请大家讨论。

学术组织问题

我们这个会是学术讨论会，学术讨论总要搞个学术组织。关于这个问题，我在“关于思维科学”这篇文章里面最后讲了一段话，我的意思是，思维科学要搞些什么组织活动呢？一是成立研究所，二是在大学里设置专业，三是成立学术组织。

目前，研究所好像全国已经有一个了，就是山西省社会科学院成立了思维科学研究所，所长是张光鉴同志。学校设什么专业呢？我也不太清楚。关于学术组织，据我所知，现在地区性的学术组织已有了，山西省有一个“自然辩证法研究会思维科学专业组”，黑龙江省建立了思维科学研究会。

1. 队伍问题

这样看来，一个迫切需要考虑的问题，是成立全国性的思维科学学术组织。过去我们搞过系统工程学会。与系统工程相比，今天思维科学情况有点不一样。一九七九年，国防科委支持召开全国系统工程学术讨论会时，系统工程只有任务，没有什么队伍，搞系统工程的人不多。但是，今天思维科学不一样，在座的都是专家，我们这个队伍可以说是很大的。比如，科技情报工作，光是国防口就有十多万人，而且他们已经有了一个中国科技情报学会。再如文艺理论，那跟我们的形象思维有关系，也有一支队伍，人数我不清楚。另外，全国总有好几百所师范专科、师范学院、师范大学吧，这些学校里都有一些搞文学、美学的人，人数恐怕也有好几千吧，他们也都是跟思维科学有关系的。再有一个是信息、编码、译码的队伍，他们在国防部门，也有相当大的力量。还有语言学家、科学语言学家、心理学家、脑科学家，还有人工智能、机器人以及创造学、智力工程等等方面的人才和组织。

这么一想，能够参加我们思维科学学术组织的人多极了。而且我们要看到，这一些同志早就在他们各自的领域做了很多工作，差不多也都有他们自己的学术组织。而我们是后来者，好像是小弟弟，他们是老大哥。现在这个小弟弟说，要把老大哥们联合起来，形成一个思维科学研究集体，这会不会有点困难？但是联合很有必要。这个工作怎么做？我想来想去，好像只有一个办法，就是我们来宣传思维科学的体系结构。让大家都明白，联合起来，组成一个体系，我们各自的工作可以做得更快、更好、更有成效。

2. 调查情况的工作

据我的经验，这跟系统工程不一样。系统工程是从无到有，从小到大。我们这个队伍本来已经很大了，但是没有联合起来形成一个体系。现在我们来呼吁，要形成一个体系，是要做说服工作的。

因此，我建议，如果我们这次会议要成立一个筹备全国性学术组织的小组的话，这个筹备组要做以下调查研究工作：

第一，要调查跟我们思维科学有关的，已经有哪些学术团体，这些学术团体的情况如何，将来要参加我们这个思维科学学术团体，他们怎么安排？他们做出什么样的贡献？调查以后，要写出正式报告，将来开成立大会时发给大家。

第二项调查是专业教学方面。就是在我们国家大专院校里，与思维科学有关的有一些什么系，什么专业，开什么课程？思维科学方面有没有研究生？这些材料都要具体化，具体到哪个学校、什么系、什么专业、什么课、负责的教师是谁等等。最后，也要写出报告。

第三项调查工作，就是有哪一些刊物在发表关于思维科学的文章。现在我知道的有上海的《自然杂志》、四川的《大自然探索》、黑龙江的《求是学刊》和《思维科学信息》、山西的《思维科学研究通讯》；还有《潜科学》、湖南科技出版社的《科学探索》和《自然信息》、湖南大学的《人工智能研究》等等。我列举的这些刊名仅是我接触到的，是不全的。对这个情况我们也要心中有数，所以，也要做一番调查工作，写出报告，将来在学会成立大会上印发。

大家也可以想一想，还有什么问题需要调查。这是我们成立学术组织的基础，调查清楚这些情况，也是筹备组的任务之一。

3. 要有良好的学风

关于学术组织本身的问题，我也说不出什么成熟的意见。我希望，如果按照系统工程学会的程序，从前是国防科委，现在是国防科工委支持一下，先开一个这样的全国性学术讨论会，把大家请来，见见面，交流一下之后，酝酿成立一个筹备组。经过一年的工作，在一九八五年能不能考虑成立学会？这次会议我们只能够酝酿，考虑搞一个筹备组。

从前我在《自然杂志》那篇“关于思维科学”的文章里呼吁，这个学会的核心成员应该是真正能干的，三、四十岁或者再稍大一点，像我这个岁数不行。我的道理是，这个班子要干到二十一世纪，我们这些老同志是不行的。如果一时中青年不好找，老的还得使点劲的话，可以当顾问嘛，主要的工作还是要请中青年同志来做。

我们这个学会要有很好的学风，我们要严肃认真地搞学会工作，不能随随便便，更不能有江湖习气。搞学术，态度就是要认真、严肃。当然，严肃并不等于说

不活泼。我们要诚恳地交流，有活泼的气氛。有话就说。我想，在我们思维科学这个新的领域里，没有什么权威，所以，我们决不能搞一言堂。大家充分发表意见，互相交流，争吵一下也没有关系。暂时统一不了认识，不要紧，慢慢来。总之，我们既要严肃认真，又要生动活泼，充分发扬民主，百家争鸣，百花齐放。只要坚持这样去做，我们这个学术组织就可以搞好。我觉得，一旦我们把思维科学宣扬出去，它就会变成热门。因为现在讲什么新技术革命对策呀，"信息社会"呀，都与思维科学有关嘛！但是我们也要冷静。那么，怎样冷静？我们有一个有利的条件，就是有马克思主义哲学，这是最锐利的武器，我们一定要注意应用马克思主义哲学。前面我讲到的国外一些著名科学家的明显错误，都是由于犯了背离马克思主义哲学、脱离辩证唯物主义的毛病。思维科学不像有些学问（比如说机械工程），那尽是物质的，而思维科学常常涉及到精神问题，涉及到精神与物质的关系问题。因此在这个问题上，一定要用马克思主义哲学，辩证唯物主义。要不然，你就容易掉进两个坑里，一个坑是机械唯物论，另一个是唯心论。所以，我们一定要在工作中自觉应用马克思主义哲学。

学术组织成立以后，总得有个挂靠单位。大家可以考虑考虑，怎么挂靠法？

现在是地区性的组织成立得比全国性组织早，那么，将来全国性组织成立后，跟地区性组织怎么取得联系，怎么协调，也是一个问题，也要研究。这些都是筹备小组的任务。

形象（直感）思维是我们思维科学现在要突破的，而且，由于智能机的研制工作已经提到日程上来，对突破形象思维也是一个压力。多少年来，这个问题一直是隐隐约约的。中国古话讲，只能意会，不能言传，能言传的都是讲得清楚的问题，而形象（直感）思维现在没法讲清楚。如果将来我们说能讲清楚了，哪怕只讲清楚了一点儿，也不是小事，我想那将是人类历史上又一次科学革命。所以我说，思维科学的研究将孕育一场新的科学革命。另一方面，思维科学的研究又会推动智能机的发展，把人的知识、智力提高到前所未有的高度，这肯定又将是一场技术革命。

选自钱学森主编《关于思维科学》，第123～165页，上海人民出版社，1986年版。

开篇的话[1]

第一，为什么要研究思维科学？我以为，思维科学是研究人的思维过程规律的学科，例如研究人逻辑推理的规律，所以是一门古老的科学。但是在当今形势之下，我们对于思维科学的研究，不仅具有新的意义，而且应该有一个紧迫感。这是一个关系到我们四化建设的大问题。1984年10月20日，党的十二届三中全会通过的《中共中央关于经济体制改革的决定》指出，经济体制的改革，不仅会引起人们经济生活的重大变化，而且会引起人们生活方式和精神状态的重大变化。这个“精神状态”就包括思维方式的变化，而思维方式的变化就是要我们利用一切先进的思维规律来思考。所以说思维科学与新技术革命、与经济体制改革是很有关系的。下面就来具体谈谈这一问题。

大家知道，到建立新中国100周年，离现在还有65年。我们国家在这65年将要经历天翻地覆的变化。我觉得，我们现在要考虑的问题是，要充分利用一切的科学革命、技术革命和国外的几次产业革命以及将要到来的新的产业革命的成果，吸取他们那一套生产体系、组织结构和经济结构的好经验，结合中国的实际，根据中央已经明确的方针、政策、原则，提出改革措施，制定出21世纪的发展设想，并在实践中加以考验，不断地修订、完善。我相信，迎接挑战，在我国建国100周年以前的这个时期，办好我们过去耽误的事情，赶上世界新技术革命的发展是完全可以做到的。

那么，这和思维科学有什么关系呢？这就要联系到现在正在讨论的新技术革命，照我的说法是第五次产业革命。它的核心是什么呢？是“信息社会”的问题。在“信息社会”，信息、知识、智力的重要性，要提到前所未有的高度。这就与思维科学有关了。在国外，前几年提出了一个词，叫信息圈（Noosphere）。“Noo”在希腊文里的含义就是知识、信息，后面加个“Sphere”，是说我们生活在知识、信息的气氛里，也就是在思维知识的气氛里。这么说来，思维科学当然重要了！天天生活在其中，就要研究嘛！

什么是信息？英文里“信息”和“情报”是一个字“Information”，从广义来讲就是知识。它是指人通过实践，认识到的客观世界的规律性东西，也就是人类创

---

[1] “收录于《现代思维与改革》一书，题目为原书编者所加，中国广播电视出版社1987年出版。”这是《钱学森文集》编者的题注。根据文中提到的离建国100周年还有65年和已经见到1984年10月20日党的十二届三中全会决定来判断，此文当写于1984年10月下旬到年底这段时间。——编者注。

造的精神财富，它不是物质的。知识最后可能要印在书上，纸张是物质，但那只是一个表象，是载体。在信息社会里，现代化生产，没有知识是不行的，人类的知识要变成生产力。人不仅要经常地使用以前人类已经创造的精神财富，而且还要继续认识客观世界，继续创造精神财富。

信息、知识，或者说人类的精神财富，包括两大部分：一部分是现代科学体系；还有一部分可以叫做前科学，即进入科学体系以前的人类的实践经验。人现在认识的客观世界，不管是科学还是前科学，将来条理化了，都要纳入到科学体系里。那么前科学的内容是否就会少了一点呢？不会的。因为人还在不断地总结自己的实践经验。客观世界是无穷尽的，人认识客观世界的过程也是无穷尽的。这就联系到思维科学，因为信息、知识，人类的精神财富，都是人认识客观世界的结果，而思维科学就是要解决人是怎样认识客观世界的，有什么规律。所以思维科学的任务非常光荣，是一件大事情。从前人类发展还没有到达这个阶段，好像不大认识这个问题。现在说“信息社会”，知识就是生产力，那就非常重要了。我们要从迎接新技术革命，或者按我的话来说，就是迎接人类社会的第五次产业革命的角度来认识这个问题，所以我觉得研究思维科学确实是当务之急。

另外，从世界科技发展的形势来看，开展思维科学的研究也是一件刻不容缓的大事。1981年10月，日本宣布要搞第五代计算机，作为21世纪“科技立国”政策的一个最重大的核心内容；1983年3月，美国总统里根提出“战略防御倡议”（即SDI）；今年4月，法国总统密特朗又提出西欧的“尤利卡”计划。所有这些挑战，都涉及许多新技术的发展，其中包括新一代计算机，即人工智能技术。而思维科学就是人工智能技术的基础学科。所以思维科学是涉及我们国家到21世纪在世界上是不是站得住脚的大事。我们对思维科学的研究，应该有这样的紧迫感。

第二，思维科学面临的课题。当前思维科学面临的课题很多。比如，人的思维是不是集体的，与集体有没有关系？答案是肯定的。这可能是一门新的科学，即社会思维学。它当然跟社会心理学等都有关系。因为社会思维学要研究人作为一个集体来思维的规律。在一个集体里，既不能没有共同语言，又不能清一色。怎样搞好？这是个很大的问题。

再比如，以前按我们习惯的称呼，把一个人的思维分成三种：抽象思维，或叫逻辑思维；形象思维，或叫直感思维；还有灵感思维，或叫顿悟。这是从思维规律的角度来说，有这么三种。但是，不排除将来进一步研究会发现这样划分不尽合适，或还有其他类型的、具有不同规律的思维。是不是可以研究抽象思维与数理逻辑的关系？抽象思维中还有辩证思维，有的同志称之为辩证逻辑。作为思维科学基础的辩证思维理论如何进一步规律化，也是抽象思维学的一项艰巨的研究任务。也

许有可能引出“数理辩证逻辑”，把辩证思维严格地规律化，使辩证逻辑真正进入抽象思维学。

再有，认识是怎么来的？如工程师、战争指挥员，有丰富的经验。形势一估计，决心就下了，可是别人却搞不清是怎么回事。这里头恐怕最根本的是形象思维，或叫直感思维。认知心理学、语言、人工智能、视觉生理心理学、文艺理论、美学、人体特异功能等都与形象思维有关系。我们要综合一切可以利用的素材，加以整理，把它构筑成一门形象思维学问——形象（直感）思维学。

关于灵感思维，我有一个想法，好像灵感实际上是形象思维的扩大，从显意识扩大到潜意识，是从更广泛的范围或是“三维”范围来进行形象思维。灵感研究工作怎么做？我觉得，目前我们只能收集资料，突破口在形象思维。如果形象思维解决了，那么灵感思维也就比较容易解决了。

上面讲的是思维科学的基础科学方面。思维科学里的应用领域，课题就更多了，比如情报学、语言学。基础科学、应用科学和应用技术组成思维科学的体系。此外，还有思维科学与脑科学、美学以及哲学的关系等问题。

第三、大力开展思维科学的研究，是推动改革、迎接新技术革命挑战的根本对策之一。

我们迎接挑战，考虑对策，要考虑大战略，就是整体的战略，国家的战略。这样一个复杂的问题，要是没有新的方法，还是靠议论，靠判断，最后靠决策，靠这一套老的办法，我认为虽然有成功的可能性，但是恐怕犯错误、失误的可能性也很大。建国以来的这段历史上还是有不少教训的。难就难在我们一方面不能保守，另一方面又不能冒进，而要恰如其分、实事求是、科学地来办事。怎样才叫科学地办事情呢？我觉得，就要用定量分析的方法。具体来说，就是依靠计算机技术、自然科学技术方面的工程师，把系统工程方法用到管理整个社会、国家，利用电子计算机来做整个国家体系的仿真模拟，模拟计算我们的宏观经济社会的发展，预测发展趋势。而在这个计算中必然会发现问题；再请有丰富实践经验的经济专家，对问题提出建议、看法、措施。然后更改模型，再进行计算机模拟。最后还要在实践中考验，不断地进行修订。经过这样一个不断工作的过程，就能用科学的方法制定我们国家的规划计划。这个复杂的工作过程说明了，我们要认识客观世界，改造客观世界，不但靠实践，而且还要利用过去人类创造出来的精神财富。什么知识都不用，单靠实践，那就回到了100多万年以前我们的祖先那里去了。因此人的思维质量的好坏，一是靠社会实践，二是靠知识。知识是人类社会实践的一个非常重要的补充。而知识是社会人类思维的结果，所以人的思维是集体的。反过来说，个人生活在社会里，他对于社会的集体也有作用，也有贡献。所以是个人跟集体共同创造的

精神财富。研究人在思维方面的相互作用，是社会思维学。这方面的研究，必将大大促进我们决策的科学化。

另外，小平同志提出“尊重知识，尊重人才”，我们特别要注意研究领导人才的培养问题。领导者要有两方面的素养：一个方面是方法，就是领导、决策的科学方法和所需要的学识；另一个方面是胆略，就是指领导和决断的气魄、决心、胆识和眼光。所以我们在培养领导人才过程中，既要注意科学知识和方法的传授，又要重视领导艺术和胆略的训练。而这两方面都和开发智力有密切的关系。所以我建议把形象（直感）思维作为思维科学的突破口。因为它一旦搞清楚之后，就把前科学的那一部分、别人很难学到的那些科学以前的知识，即精神财富，都可以挖掘出来，这将把我们的智力开发大大地向前推进一步。这还同我前面讲的社会思维学有很密切的关系，因为人们在交往中，很多是用形象思维，而不是用抽象思维的。

对形象思维的研究和对抽象思维的研究结合在一起，还联系到一个非常重要的问题，就是电子计算机。现在电子计算机的最大作用，就是可以代替人的抽象思维，但不能创新科学技术。如果用计算机把图像处理系统、知识信息处理系统和专家系统等结合起来，并与逻辑计算结合在一起，组成一个体系，那比计算机要广阔得多、高明得多了，可以叫智能机。这就是前面讲的、全世界都瞩目的新一代计算机。我觉得这里新的因素就是想办法把人的经验纳入到这个系统中去。人说话、识字，都有经验的因素。这就联系到形象思维。因为形象思维能把还没有形成科学的前科学知识都利用起来。既然如此，我们思维科学工作者就面临着怎样参加第一代智能机的工作，怎么为中国的第一代智能机作出贡献的问题。我曾说过，如果我们所设计的计算机的信息系统可以包括全部人类千百年所创造的而还在不断地创造的精神财富，又可以由我们一个人随手调用和享受，这不但使我们从旧的脑力劳动中解放出来，而且获得一个伟大的新世界，一个从来没有的高度文化的新世界，难道这不是翻天覆地的变化吗？不搞智能机，我们将会被人类自己创造的大量精神财富压垮。反之，则可大大提高人的智力，从而搞更多的、更高的创造性脑力劳动。人将变得更聪明，人类的前进步伐将更加加快。

最后，我要特别强调指出的是，我们研究思维科学，一定要注意应用马克思主义哲学。因为，思维科学不像比如说机械工程，那尽是物质的，而思维科学常常涉及到精神问题，涉及到精神与物质的关系问题。所以在这个问题上，一定要用马克思主义哲学，即辩证唯物主义。要不然，你就容易掉进两个坑里，一个是机械唯物论，另一个是唯心论。

选自《钱学森文集》卷五，第178～183页，北京，国防工业出版社，2012年1月第1版。

现代科学技术的特点和体系结构[①]

在第一讲，说了要进行社会主义建设、改造客观世界，就必须运用人类通过实践认识客观世界所积累的知识，而其中一个重要组成部分就是现代科学技术的整个体系。这一讲就专门讲现代科学技术体系。由于现代科学技术体系发源于自然科学，人们一说科学技术常常就想到自然科学，所以讲现代科学技术就要从自然科学讲起，先弄清自然科学的对象，再讲现代科学技术的特点、体系结构，及其发展趋势。

一、自然科学的研究对象

人类生活在自然界中，天天和自然界打交道，自然界既是人的变革对象，又是人的认识对象。所以，人们形成了一种朴素的看法，自然界是自然科学的研究对象。

自然界是由各种运动着的物体、物质组成的统一系统，其中既包括漫游太空的庞大星球、太阳系、银河系、总星系及观测所及的全部宇宙天体，微小的瞬息万变的分子、原子，各种"基本"粒子，又包括各种复杂的无机物、有机物和各种有生命的微生物、动物、植物、人类，还有作机械运动的实体以及弥漫各种空间的许多场。总之，自然界一切实际存在的客体，它们具有的各种特性、结构、存在状态、运动形式等等，都是自然科学的研究内容。恩格斯说："自然科学的对象是运动着的物质、物体。"[②]

但是，物质和运动是密不可分的，各种物质的特性、形态、结构及其规律性，都是通过运动表现出来的，要认识物质首先得研究物质的运动。恩格斯说："自然科学只有在物体的相互关系中，在物体的运动中观察物体，才能认识物体。对运动的各种形式的认识，就是对物体的认识。所以，对这些不同的运动形式的探讨，就是自然科学的主要对象。"[③]

自从自然界产生人类以后，人和自然就相互作用、相互影响，自然科学的研究范围也相应地扩大，研究对象也更加复杂。现在的自然，除了太阳系以外的宇宙星系还没有受人的影响，属于天然的自然之外，整个地球、月球包括太阳系中某些

---

① 收录于钱学森等著《论系统工程》（增订本）一书，湖南科学技术出版社，1988年10月出版。

② 《马克思恩格斯全集》第33卷，第82页，人民出版社，1973年12月。

③ 《马克思恩格斯选集》第4卷，第407页，人民出版社，1972年5月。

行星已经受到人的活动的影响，自从向宇宙太空发射宇宙飞船探测球外文明以后，人类对宇宙的影响范围还在扩大。此外，人类运用自己的智慧加工自然界原有的材料，制造出自然界原来没有的东西，如各种工具、机器设备、建筑物等；还创造出模拟人的思维功能的人工智能机器，这是具有特殊性质、形态、结构的人工自然物，属于人工自然，也是自然科学的研究对象。因此，必须改变16、17世纪流行的自然科学只纯粹地研究自然界的观念，应该看到到了18世纪末以后，自然科学的研究范围早超出了自然界，包括了整个客观世界，自然的和人造的。只是自然科学研究的着眼点不同，看问题的角度不同，它是从物质在时间空间中的运动，物质运动的不同层次，不同层次的相互关系这个角度去研究整个客观世界的。

二、自然科学发展到现代科学技术

自然科学的发展，经历了古代、近代、现代这三个阶段。自然科学作为人类征服自然的一种手段，是从古就有的，但是，真正作为一种专门的事业来搞，还是近代的事。近代自然科学技术开始于资本主义萌芽时期16世纪的意大利。恩格斯热情地歌颂了这一事实，他说："这是一次人类从来没有经历过的最伟大的、进步的变革，是一个需要巨人而且产生了巨人——在思维能力、热情和性格方面，在多才多艺和学识渊博方面的巨人的时代。"确实是这样，从列奥纳多·达·芬奇、阿尔勃莱希特·丢勒到布鲁诺、哥白尼，他们开始了近代科学技术的时代。这个时代一直到19世纪70年代，资本主义开始没落，走向垄断资本主义而结束。近代科学技术就是以这先后400年作为一个时期的。近代有别于古代，也有别于现代。这种划分的理由是：第一，它是合乎整个社会发展的历史的，是和资本主义的上升阶段相一致的。第二，它也是合乎科学本身的历史的。因为在这400年的近代科学技术中，整整前300多年还是恩格斯称之为"搜集材料"的科学。只是在这个时期中的最后几十年，才开始进入系统地研究事物在整个自然界当中的发生、发展和相联系的阶段，成为恩格斯称之为"整理材料"的科学。所以，在这个时期的绝大部分时间里，自然科学是调查研究、搜集材料，还没有来得及建立一个体系。第三条理由，就是这400年的科学技术的工作方式是个体劳动，没有社会化。比如，科学史上讲牛顿发现万有引力，据说是因为他看见苹果从树上掉下来，这一下悟到了万有引力。事实上不一定是这样，但故事是这样讲的，无非想说明牛顿是一个人琢磨发现了万有引力。瓦特造蒸汽机，是瓦特这个老工人师傅，带几个徒弟干的，世界上有伟大历史意义的蒸汽机就是这样造出来的。在历史上，发现电磁相互作用，也是了不起的事情，这是法拉第带一两个助手，在一间屋子里，用一个台子，弄几根电

线，还有一块磁铁，就这样研究出电磁相互作用的。这几个例子说明，在这个时期科学技术确实还没有社会化，尽管科学技术工作者是社会的成员，不能离开社会而生存，但就其劳动方式和状况来讲是个体劳动。

由近代科学技术再进一步发展，就到了我们称之为现代科学技术的时期。由近代科学技术进入现代科学技术，这是一个很大的变革。19世纪末叶就出现了有组织的、规模比较大的科学技术研究单位——研究所，科学技术工作不再是一个科学家带几个助手干了。促成这种变化的有内在原因，还有外部原因。内在的原因就是因为科学技术到这时期已经比较复杂了。专科、分科很多，不分科就深入不下去。但是分了以后，解决任何一个具体的科学技术问题，光是一个行业是解决不了的，必须有多种的行业或专业相互协作才能解决。再有，所使用的科学技术设备、研究设备、仪器也复杂得多了。过去法拉第研究电磁现象，弄个台子，有块磁铁，几根电线就可以搞了。但在这时电力工业出现了，其他各门科学研究也大大发展了，科学研究所需要的设备比较复杂，制造、维护这些设备也需要专门的力量。这时一个人或少数几个人不能够全部承担起来，所以就一定要有一个组织，这就是出自自然科学技术本身的原因。再就是外部原因，促使这场转变的是当时出现了一场技术革命。

这个时期出现的一场技术革命是发明了电力。为了解决当时新兴的电力工业提出的各种问题，美国发明家爱迪生在1876年个人投资组建了世界上第一个科学技术研究所。这个研究所有100多人，里面有各种专业的科学家，如物理学家、化学家，也有各种专业的工程师和技术人员，还有技术工人，是搞设备和机械加工的，还有图书馆、器材库。一句话，爱迪生1876年组建的研究所，是我们现代科学研究单位的一个雏形。当然，比起现代的科学研究单位，100多人是小的了，但是现代科学研究所所有的一些组织部分它都有，很齐全；而且整个研究所的工作都在统一的、严密的组织下进行。爱迪生这个人，世界上推崇他是发明家，确实，在他名义下的发明专利是非常多的；但是我们要看到，实际上他是代表了这100多人的研究所，这些专利实际上是他的研究所的100多人集体创造出来的。这一点很重要，说明爱迪生的研究所，开始了现代科学技术的时代，也就是科学技术从个体劳动转变为社会化的集体劳动的时代。这是一个很大的变革，推动这种变革的，当然首先是资本主义从自由资本主义转变到垄断资本主义这样一个强大的社会原因。列宁说："竞争变为垄断。结果生产的社会化有了巨大的进展，特别是技术发明和改良的过程，也社会化了。"这精辟地指出了，从19世纪70年代开始，随着自由资本主义转化为垄断资本主义，科学技术就进入到现代科学技术的时代，工作方式从个体劳动变为集体劳动，科学技术工作社会化了。

在这样一个转变过程中，劳动的集体化和社会化是和资本主义的私有制根本矛盾的。就是爱迪生这样一个现代化的研究所在它诞生的头一天开始，这个矛盾就出现了。本来爱迪生研究所的工作是集体的劳动，但是在资本主义制度下这样一个集体的劳动只能归功于一个人，就是老板爱迪生。这是资本主义制度和现代科学技术社会化劳动的一个根本矛盾。

以后，由于垄断资本主义的发展，垄断资本家的需要，从爱迪生的这个研究所开始，大规模的科学技术研究所就纷纷成立起来，所有的垄断公司都有研究所，有的还不止一个。这种趋势从本世纪40年代起，又有了进一步的发展。第二次世界大战前后，由于战争的需要，武器发展的需要，科学技术的研究工作又进一步扩大到可以说是国家的规模。飞机研究工作、雷达研究、火箭研究、原子能研究是这样的，原子弹、氢弹、导弹、人造卫星、宇宙飞船的研究更是这样的。所谓国家的规模，就是说，要完成这些新式武器的研制，绝不是爱迪生那时的100人或几百人，也不是1000人、2000人可以做到的，而是要把一个国家的科学技术力量组织起来，用几万人的集体来解决问题。从100人到10000人，增加了100倍，这就是规模的变化。到现在，科学技术发达的国家，每年花在科学技术上的钱要占国民生产总值的1%以上，像美苏两霸更是争夺激烈，疯狂备战，他们的科学费用很多，是和研制新式武器联系起来的，在美国差不多占国民生产总值的3%，在苏联比例就更大了，恐怕要占5%~6%。就是在其他资本主义科学技术发达的国家，也以占国民生产总值的2%来计算，这是很可观的。这种情况是历史上从来没有过的。

不管资本主义国家的科学技术怎么发达，它有治不了的病，这病就是资本主义社会化的劳动和资本主义私有制的矛盾，像爱迪生研究所这样的事，在资本主义国家是每天每时每刻都在发生着。比如，1969年7月美国“阿波罗十一号”登月飞行成功以后，美国总统尼克松要论功行赏，表彰一部分人。这一表彰不得了，因为本来是几十万工人、科学技术人员和行政人员集体的工作，硬要抓几个人，说是他们的功劳。结果表彰以后，几十名在登月飞行中做过工作的科学家、工程师不满意，撂挑子跑了，不干了。这说明，这个矛盾他们解决不了。资本主义国家的科学技术越发展，规模越来越大，内部矛盾就越解决不了。只有在社会主义制度下才能够解决这个问题，在我们国家里，有马列主义毛泽东思想的指引，有符合科学技术本身发展规律的路线和政策，党的正确领导和国家的组织、管理，我们能够不断克服前进中的困难和纠正工作中的错误，能够解决这个问题。因此，我们国家科学技术发展的速度一定要比他们快，尽管现在落后一段，但我们终究要赶上、超过资本主义国家，这是历史的必然。

三、现代科学技术走向严密的体系

从19世纪下半叶开始，"经验自然科学获得了巨大的发展和极其辉煌的成果，甚至不仅有可能完全克服18世纪机械论的片面性，而且自然科学本身，也由于证实了自然界本身中所存在的各个研究部门（力学、物理学、化学、生物学等等）之间的联系，而从经验科学变成了理论科学，并且由于把所得到的成果加以概括，又转化成唯物主义的自然认识体系。"[①]，现代科学技术不单是研究一个个的事物、一个个现象，而是研究这些事物、现象发展变化的过程，研究这些事物相互之间的关系。今天，现代科学技术已经发展成为一个很严密的综合起来的体系，这是现代科学技术的一个很重要的特点。1978年，中国科学院主持讨论自然科学学科规划，提出有六门基础学科：天文学、地学、生物学、数学、物理、化学。但是，从严密的自然科学综合观点，可以再综合成两门学问，一门是物理，研究物质运动基本规律的学问。一门是数学，指导我们推理和演算的学问。其他的学问都是从这两门派生出来的。知道了物质运动的基本规律，然后加工推理演算，就可以得出所有其他的学问。

比如化学，它实际上是研究分子变化的物理。20世纪初有了原子和分子的物理学，20年代中又出现了量子力学，它是研究原子这个物质世界里运动规律的理论，化学的变化实际上就是原子结合的变化。所以，量子力学出现以后，很快应用到化学问题上，出现了所谓量子化学这门学问，使化学变作了应用物理的一门学科。近来，由于高速电子计算机的出现，使人们能够解决人所不能计算的问题。所谓不能计算，就是时间有限，人的一辈子也计算不清。现在有了电子计算机，就可以很快地计算出来。以前不能解决的问题，不是理论上不能，而是时间不够，算不清楚。现在有了电子计算机，就可以算了。所以，现在又出现了所谓计算化学。从前人们一讲到化学，好像就是用瓶瓶罐罐作试验，现在由于掌握了原子内部运动的规律性，又有了电子计算机，就可以靠电子计算机去计算，不去靠做试验了。将来有朝一日化学研究主要靠电子计算机算，而且可以"设计"出我们要的分子，"设计"出造这种分子、化合物的化学过程。到那时做化学试验，只是为了验证一下计算的结果而已。

再说天文学。现在的天文学已经不是光看看月亮、太阳、星星在天上的位置和它的运行规律了，而是要研究星星内部到底是怎么样变化的，它现在是怎样的，过去是怎样的，将来又会是怎样的，它是怎样演化的。我们要研究的是宇宙的演化。

① 恩格斯：《自然辩证法》，第175页，人民出版社，1971年8月。

比如研究太阳内部、其他恒星内部，人又去不了那个地方，怎样研究呢？一是研究可见光，把可见光分成各种不同频段的光谱，来进行研究。现在不但研究可见光，还研究天体辐射的红外线、无线电波、以至波长非常短的紫外光、爱克斯光和伽马射线。这样一研究，就发现天文学可是热闹。从前我们看到日月星辰，好像它们的变化是察觉不到的，可是现在就不然了，天上可是热闹得很，有星星的爆发，一个星星变成氢弹，爆炸了，释放出10万亿亿个氢弹爆炸的能量。现在还发现，不但一个星星可以爆发，一个星系，像我们的银河星系，它的中心也会爆发，一旦爆发能释放出亿亿个恒星爆发的能量。一颗恒星爆发的过程，大概是一个月，几个月。古书上说有一种星星叫客星，实际上就是星星的爆发。现在发现还有一些变化更快的现象，如中子星，是由中子组成的，密度非常大，由中子组成的一个芝麻大的物质有几百万吨重。中子星是很小的一个星，比太阳小得多，转得很快，转的时候发出强度变化的爱克斯光。变化周期不到一秒钟，有的时候一秒钟变几十次，快得很。还有一种星，密度更高，引力场特别强，强到光线都射不出来，黑洞洞的，所以外国人给它一个名字叫“黑洞”。这个名词不太好，因为它并不是什么洞，是有物质在那里，似乎可以叫“陷光星”。既然光都出不来，怎么知道它在哪里呢？就是当其他的物质掉进去时，在坠落过程中，即还未达“星”前，它要发光，发出爱克斯光。从上面讲的一些天文学里的东西，可以看到，没有物理，天文学怎么能够理解？所以天文学也是靠物理。

再说地学。地学就是研究地球，实际上现在也是搞物理。有一位地学家讲：地学有三个时代，第一个时代是18世纪末到20世纪初。这时研究地质年代引用了生物观念，也就是化石观念，用生物化石可以断定地层年代，因为全世界都有生命的存在，这个地层有这种生物的化石，另外一个地层也有这样生物的化石，就可以判断出这不同的地层是属于同一时代的。这位地质学家把它称为生物学地球观，因为是把生物的概念运用到地学上来。到了20世纪初，又开始研究地壳里、海洋里化学成分的变化，地层的化学成分是怎样从一个地方慢慢变化，从一处渗透到另一个地方去；一个地方岩石的成分怎样受到火山的作用，又起了什么变化？这就是研究各种元素在地球上的分布和变化，从这里推论地球在地质年代中的变化。所以这位地学家说，本世纪初年以后就出现了化学的地球观，就是从化学的角度来看地球。最后，到了现在，地学上一个最大的发展就是所谓板块理论，就是说，地球的大陆和洋底都是一块一块拼起来的。地壳是硬的，但不是整块的，是好多块拼起来的，就像七巧板似的。块和块之间有相互作用。这就可以解释火山带、地震带的形成。这是根据海底岩石地磁走向推论出来的。一个大板块里还有小的断裂带、断层，这就是更复杂的组合，像很多很小的七巧板凑起来的。这一些，加上研究地球深处的情

况，都要靠物理学，所以这位地学家说，现在是物理学地球观。这样，地学又归到物理学去了。

再说生物学。半个世纪来，生物学有很大的变化和发展。这种迅速发展的泉源是分子生物学。分子生物学要研究的倒不是细胞、细胞核、细胞质、细胞膜，而是要研究生物体内脱氧核糖核酸和蛋白质这类大分子物质的结构和功能。最近，分子生物学上轰动世界的发现，就是可以把传递遗传信息的物质——脱氧核糖核酸从一种生物体的细胞中提出来，切成片段，在分子水平上使两种生物的遗传信息重新组合，然后通过一种中间物质的运载，引入到另一种生物的细胞中去，人工地改变细胞的遗传结构。这种分子水平的“杂交”，可以创造天然没有的新物种，它可以在动物和植物之间进行，从而打破植物和动物的界限。当然，现在这方面的工作还是在一个很粗浅的水平上。比如，胰岛素，它是治疗糖尿病的特效药。人和动物都产生胰岛素。胰岛素本身是一种高分子物质。化学生产很困难，以前靠从家畜屠宰后的胰腺去取，来源很少。但是，现在可以把产生胰岛素的胰腺细胞物质的遗传信息切下来，接到大肠杆菌的遗传物质上，而大肠杆菌是最容易培养的一种细菌，增殖速度很快，这样造出新的大肠杆菌，大量繁殖，就可以大量制造胰岛素，使胰岛素生产工业化。这仅仅是一个例子，这就是说，生物学已经到了分子水平，实际上国外许多从事分子生物学的人，本身就是物理学家。生物学到了分子水平，生物学也就归结到物理上去了。

所以，天、地、生、化这四门科学，从现代科学技术观点讲，都可以归结于物理学的分支了。当然，这里要推理演算，就要用数学，数学是一个工具。恩格斯说的整理材料的科学到现在已经有100年的时间了，现代科学技术更综合了，体系更严密了，根本学问只有这两门：物理学和数学。数学，顾名思义是算，但实际上数学不光是算，还是“辩证的辅助工具和表现方式”。这是说天、地、生、数、理、化这六门基础学科在科学技术的体系中并不是完全同排并坐的，其中数学和物理又是其他四门学科的基础。在此之上是各种分支学科；然后是各种技术科学；再上面是工程技术和生产技术如电力技术、电子技术、农业技术以及医学等。这就是现代科学技术的体系构成。这里面基础学科为应用科学技术提供了理论基础，基础科学和应用科学技术是指导生产实践的，而生产实践不但为科学技术的研究提供了必不可少的设备、仪器，同时又是科学技术中好多道理的源泉。

四、现代科学技术的整体结构

前面讲的还着重于自然科学技术领域内的体系化，而在19世纪中叶，由于科学

的社会主义的创立，真正科学的社会科学诞生了，也建立了指导一切科学研究的马克思主义哲学。这就形成了一个新的结构：两大门类，自然科学和社会科学；在两大门类之上，有马克思主义哲学，作为人类知识的最高概括。到了20世纪40年代以后，数学方法越来越用于社会科学的研究，所以把数学再放在自然科学之内也就不妥当了，独立成为一大门类，数学科学。

所以，一方面是分化，成立新的部门；一方面又形成体系，严密的结构。到现在认识到的现代科学技术体系，在纵的方面分为九大部门：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、军事科学、文艺理论和行为科学。这比马克思、恩格斯时代是大大发展了，那时称得起科学的只有自然科学，而且还包括数学；作为科学的社会科学是马克思、恩格斯首创的，还来不及确立。而今天我已可以列出九大部门，这是人类认识和改造世界的伟大成绩。当然历史不会就停留在这点上，将来的科学技术还要发展，会出现新的部门和新的层次。

这九个部门的划分不是研究对象不同，研究对象都是整个客观世界，而是研究的着眼点，看问题的角度不同。例如，自然科学是从物质在时间空间中的运动，物质运动的不同层次，不同层次的相互关系这个角度去研究整个客观世界。又如，思维科学是从人脑通过思维认识整个客观世界这个角度去开展研究的。人体科学是从人体结构和功能在受整个客观世界的影响和相互作用的角度去开展研究的。军事科学的研究今天早已不限于战争，而是从矛盾斗争的角度去研究整个客观世界，包括“科技战”，“智力战”，还有“商战”。文艺理论是研究整个客观世界吗？是的，它是从美的角度去研究的。行为科学是从个人与社会的相互作用这个角度去研究整个客观世界。以上说到社会的地方都可能引起一个问题：社会能涉及整个客观世界吗？是的，整个客观世界。请看：在短短的几百年前，我们还不知道有地球呢，现在不但人的活动已经要考虑整个地球，从地下到天上以至到太阳系……所以说整个客观世界是合理的。

现代科学技术的九大部门要概括到马克思主义哲学，其核心是辩证唯物主义。要概括到辩证唯物主义要通过一架桥梁，联系自然科学的是自然辩证法；联系社会科学的是历史唯物主义；联系数学科学的是数学哲学或元数学；联系系统科学的是系统论；联系思维科学的是认识论；联系人体科学的是人天观；联系军事科学的是军事哲学；联系文艺理论的是美学；联系行为科学的是社会论。一个马克思主义哲学、九架桥梁、九大部门，这是现代科学技术体系的纵向结构。横向也有结构，就是基础科学、技术科学和工程技术三个层次。

认识现代科学技术的体系结构，是学习掌握认识世界和改造世界学问的锐利工具。这里还必须强调马克思主义哲学其基础的九架桥梁是指导我们认识客观世界和

改造世界的。当然，哲学不是死教条，现代科学技术九大部门的发展也必须通过九架桥梁发展和深化马克思主义哲学。把马克思主义哲学放在科学技术整个体系的最高层次也说明了马克思主义哲学的实质：它绝不是独立于现代科学技术之外的，它是和现代科学技术紧密相连的。也可以说，马克思主义哲学就是全部科学技术的科学，马克思主义哲学的对象就是全部科学技术。这里强调这个观点是为了能和大家一道去克服目前存在的两个毛病：一是做学问死守一个小摊摊，关起门干，从不看看外面的世界；二是不学哲学，以为马克思主义哲学是与己无关的！

五、掌握认识世界和改造世界的学问

现代科学技术除了上面讲的广度，从整个现代科学技术体系看广度之外，还有一个深度问题。为了举实例看看现代科学技术的深度，我们说说宇宙物质结构的大层次。宏观与微观有区别，地球、汽车、人等等是宏观物体，它们的运动服从牛顿力学。但再大范围或运动速度大到接近光速，如银河星系的运动，牛顿力学不行了，要用爱因斯坦的相对论力学，这就是宇观，比宏观更上一个层次。在宏观层次以下是微观，小到原子、基本粒子，小到10^{-15}厘米，这要用量子力学。前些年我们还以为物质世界是宇观、宏观、微观三个层次，但现在不同了。英国爱丁堡大学物理学家希格斯（P. W. Higgs）为了解释一些基本粒子现象，发现必须更深入到物质结构再下一层次，尺度小到10^{-34}厘米，比10^{-15}厘米的微观层次再缩小10^{19}倍！这是一个新世界，可以称之为“渺观”，要用新理论。不但如此，在宇观层次之上也有新发展，宇宙学研究现代望远镜和其他手段所能探测到的近200亿光年范围的物质运动，六年前一批搞宇宙学的科学家，在改正以前的所谓“宇宙大爆炸理论”，提出新的理论，叫“宇宙膨胀论”，说明我们所在的宇宙有其特点，我们这个世界之存在也与它的特点有关，我们所在的宇宙之外还有其他与我们所在宇宙不同的宇宙。这可是大开眼界，物质世界还有比宇观层次更高的层次，可以称之为“胀观”。这样从小开始，渺观、微观、宏观、宇观、胀观五大层次，从下一个层次升到上一个层次尺度放大10^{19}倍，1000亿亿倍，从上一个层次降入下一个层次尺度缩小10^{19}分之一，1000亿亿分之一！估计五大层次也不会不动了，将来随着人认识世界的进一步深入，会有比胀观更高的层次，也会有比渺观更深的层次。这种科学探索已经深入到世界的本源问题，以前非马克思主义哲学家提出的本体论也就从古老的哲学分化出来，进入自然科学了。所以，现代科学技术的深度也是惊人的。

科学技术是不是认识客观世界和改造客观世界的学问？当然是，但认识客观世界、改造客观世界的学问远不止于科学技术。我们现在有马克思列宁主义的正确指

导，有了100多年全部科学技术的高速发展的丰硕成果，不只是自然科学和工程技术，不只是那么多少项新的技术革命。

现代科学技术既然有这样的广度和深度，它是不是包括了所有人类从实践中得到的知识呢？不，没有。人类掌握的知识远比现代科学技术整个体系还大得多。例如：局部的经验，专家的判断，行家的手艺，文艺人的艺术，点滴知识和零金碎玉等都是宝贵的知识，但还未纳入现代科学体系，还不是科学。一个突出的例子是中医医药学。中医理论是祖国几千年来实践经验的总结，非常珍贵，要发展我国传统医药是万万不能丢掉中医理论的。但中医理论现在还放不进现代科学技术体系中去，还不能称之为现代科学。它是有用的知识，这种不是科学但是有用知识的宝贝还很多，我们不妨称之为“前科学”，也可以说前科学的量远大于科学技术的量，科学技术的发展总是不断地把前科学变成科学，同时也发展和深化了科学技术本身。前科学逐渐进入科学技术体系，前科学会慢慢消失吗？不会的，人在继续实践，会不断积累新经验，生产新的前科学。

如果我们掌握了认识客观世界和改造客观世界这么大的学问，可以相信，建设社会主义现代化强国的任务再艰巨也能完成。

钱学森（主编）、吴义生（副主编）合编的中共中央党校附设函授学院教材：《现代科学技术的知识和我国科技政策》（1985年）。

选自钱学森等《论系统工程》（新世纪版），上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

现代科学技术的体系与知识[①]

同志们，我想如果说人的知识是对包括自己在内的客观世界过程的认识，那么，人认识包括自己在内的客观世界这个过程中间的飞跃就是科学革命；而改造包括人在内的客观世界的技术的飞跃就是技术革命。这样，在100多年前马克思、恩格斯创立的科学社会主义和马克思主义哲学就毫无疑义是一次伟大的科学革命，它和其他科学革命一样，必然蕴育着新的技术革命。这就是说，科学和技术是不断发展和变革的，科学技术内部的结构和相互关系也是发展变化的。关于这个问题我过去在中央党校讲课时曾多次涉及过，提出过一些新的也就是经典著作中没有的意见。例如，关于现代科学技术体系的问题，我提出要建立科学技术体系学作为科学学的一部分。当时我提这些观点时并没有多做考虑，只是认为对就讲了，并没有认识到这是与正规说法有所不同甚至相矛盾的。现在看来这样至少犯了“离经”之罪，但我认为还不是“叛道”。因此，我觉得我有责任做一些更深刻的解释，这就是我今天要讲的内容。当然，我自己知识有限，而内容涉及全部科学技术，错误是一定会有的，请同志们批评指正。

一、科学技术发展的历史回顾

人类大概在一万年以前就脱离了以采集果实和打猎为生，开始了农牧业生产，我称之为第一次产业革命。从这时开始就有了技术，但当时还没有够得上所谓科学的东西。先有技术而不是先有科学，因为人总是从社会实践中得出经验，经验上升所迈的第一步就是技术，而不是理论性的科学。因此，科学技术发展中的飞跃在早期也是先有技术革命后有科学革命。只有当人类的实践逐渐丰富起来，经验的事实多了之后，人脑才开始思考着怎样把这些经验、观察体会到的事实串联起来变成一个更大的道理。这总是人的一个愿望，实际上也是为了预见，预见将来的发展。然而，要实现这个愿望是很不容易的，有以下三点困难。第一，由于当时收集到的经验和事实是有限的、零散的，往往挂一漏万，要想连成一体就需要补充许多东西，就得凭脑子臆想了，因此难免有错。第二，当时缺乏科学的仪器，没有办法做科学的实验观察，有了理论也无法立即验证，有待于以后的实践。第三，人类社会出现

① 钱学森1986年3月12日在中央党校的讲课稿，刊载于中央党校自然辩证法现代科学技术教研室所编1986年“中央党校报告”。

了阶级，搞理论的只能是统治阶级，这就难免要有偏见，免不了出唯心主义。这三个困难是当时搞科学的主要困难。因此，当时把理论称为哲学，哲人之学：讲自然界的那部分称为自然哲学，而不是科学。这种情况存在了很长时间，在此期间的所谓哲学中，既包括了一些从实践中观测到的事实，也包括了一些猜想的东西，所以有对也有错。这种情况在当时是无可奈何的，没有办法解决。

这个道理在古代是中外一样的，欧洲是如此，我国古代的学问——国学，是在封建社会中发展起来的，也避免不了上述三个困难，因此也不是现代意义上的科学。我想就连功效卓著的中医、传统医学，其理论也免不了这里讲的毛病，所以也算不上是现代意义上的科学。

到了近代这种情况有所改变。16世纪西方文艺复兴以后，资本主义出现了，新生的资产阶级为了与封建势力作斗争，也是为了发展生产，认识到发展实事求是、一切以客观规律为准则的科学的必要性。因此出现了现代含义上的科学，这是资产阶级的历史功劳之一。但是这个科学只是自然科学，只是数、理、化、天、地、生等学科，不包括其他内容（为什么如此，我将在后面谈到）。到了马克思、恩格斯时代，自然科学已经取得了辉煌的成就，所以，恩格斯在1886年初写的《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》一书中，宣告了研究自然的古代哲学——自然哲学已被清除掉。也就是说，由于自然科学的发展，不是科学的自然哲学就失去存在的必要了。恩格斯说得好：再要想去恢复自然哲学，那就是一种倒退，而不是前进。当时，只有自然科学由于排除了臆想的东西，确实以客观规律为准则，唯一地达到了一个特殊的位置，即科学的位置。因此，教科书一直这么写着：自然科学不属于社会的上层建筑，而是一种特殊的社会意识形式。我们党校最近出的教材也是这样写的，这是经典的结论。

在马克思、恩格斯时代，尽管自然科学已是很昌盛了，但是科学同技术、科学同生产实践或者说工程技术是很少挂钩的。19世纪初期和中期，工程师和技师都是从生产实践中培养出来的，仅仅有一点技校的教育，而不是高等院校的教育。大名鼎鼎的瓦特也只受了技校的教育。这种科学和技术脱节的情况很快有了变化，19世纪下半叶拿破仑首先在法国建立了第一个军事工程师的专门学校，这是较高水平的工程技术学校。美国的麻省理工学院也建立于19世纪70年代。后来，德国成立了高等技术学院。最后英国也成立了工程学院（英国在这方面是落后的，那时英国有种说法，有出息的人第一是去当海军，不行就去经商，如果两个都不行才去当工程师）。在这些工程学院中，一、二年级学习数、理、化等基础知识，三、四年级学习专业的工程技术，最后四年级写毕业论文，解决工程技术领域中的一个问题。这样，就是学会用自然科学的规律来解决工程技术的问题，也就把技术的应用——直

接改造客观世界和认识客观世界的自然科学联系起来了。自然科学是基础，工程技术是运用自然科学的一个技术层次，它们分属于两个不同的层次。

到了20世纪初又出现一种情况，在科学和技术这两个层次之间又出现了一个中间层次，这就是技术科学。技术科学就是把自然科学理论应用到解决实际问题当中去的、具有一般性的学问。比如，应用力学就是一门技术科学，它采用了物理学中的一套理论，面向工程技术，是力学在土建、机械、航空、水利以至气象等方面的应用。像电子学也是一门技术科学，应用范围极广，包括自动控制、计算机等。这三个层次的自然科学技术结构的形成经历了很长时间，从文艺复兴时期起到本世纪初足有400多年了。

马克思、恩格斯非常重视自然科学的哲学问题，总是想用自然科学的成果来丰富和深化辩证唯物主义。在党校出版的《理论月刊》1985年第10期上，有一篇孙小礼、李洁珊两位同志合写的文章①，意思讲：我们应该把自然科学也看成是马克思主义哲学的一个来源，因为马克思、恩格斯在发展他们的理论时引用和参考了自然科学的成果。我认为这种观点是对的，因为马克思、恩格斯确实都非常重视当时自然科学的发展，而且还提出了自然辩证法。自然辩证法就是研究物质和时间、空间，物质在时间、空间中的结构和运动的一门学问。我认为，它是自然科学到马克思主义哲学之间的过渡桥梁。也就是说，自然科学有三大层次——基础科学、技术科学、工程技术，在这些层次上面还有一个桥，这个桥就是自然辩证法，桥那边就到了人类知识的最高概括——马克思主义哲学。这样，也可以说自然辩证法是马克思主义哲学联系自然科学的一块基石。

以上是从自然科学的历史发展来看这个问题，自然科学存在着一种逐步形成的结构。而研究人类社会的科学——社会科学的情况就不大一样了，资产阶级没有找到打开科学的社会科学的钥匙，只是在其门外徘徊。是马克思创立了历史唯物主义，用马克思主义哲学打开了科学的社会科学的大门。所以，马克思主义以前的社会科学、非马克思主义的社会科学是有阶级偏见的，含有非科学成分。关于马克思主义哲学与历史唯物主义的关系，我不同意湖南省社科院哲学研究室何畏同志的用历史唯物主义来概括马克思主义哲学的观点②，他认为，马克思主义哲学的核心是历史唯物主义。我以为这是把事情颠倒了，是本末倒置。在今年《哲学研究》第2期上，有一篇翟光同志的文章③，专门评论何畏同志引证经典著作的方法。翟光同

① 孙小礼，李洁珊．自然科学是否也是马克思主义的一个来源[J]．理论月刊．1985（10）：45—47．

② 何畏．马克思创立的是历史唯物主义一体化哲学[J]．哲学研究．1983（6）：21—28．

③ 翟光．评《马克思创立的是历史唯物主义一体化哲学》的引证方法[J]．哲学研究．1986（2）：65—69。

志花了功夫把何畏同志引证的经典著作都推敲了一下，发现何畏同志引证经典著作的作风不正，即合乎他观点的就写，不合乎他观点的就删掉，歪曲了经典著作。这只是个插曲。我这里要说的是我不同意何畏同志的观点。

我们必须讲清：研究人类社会的科学的社会科学是马克思开始创立的，马克思的确指出那个时候的资产阶级的社会科学是不同于自然科学的，是不科学的。自然科学是没有阶级偏见的，不是上层建筑的一部分；而社会科学是有阶级偏见的，受资产阶级意识影响，是社会的上层建筑。这个论点在当时无疑是正确的，我们现在好多教科书也是这样讲的。但这里就出了个问题：我们现在离开马克思、恩格斯时代已经100多年了，以马克思为代表创立的科学的社会科学已经大大地发展了。我国正在中国共产党领导下发展了以马克思主义哲学为指导的社会科学，我们是用实践来检验我们的这些研究成果的，如果发现不对就修改，这样的做法和精神就完全和自然科学一样，这样的社会科学是真正科学的。所以，我认为，现在以马克思主义哲学为指导的社会科学是现代意义上的科学，它完全可以同自然科学平起平坐。这可是件大的变革，我提请大家考虑，对不对？如果这个观点正确，我们有些教科书就得改一改了。

这样，建立科学技术体系的历史条件就具备了。这个科学技术体系不包含资产阶级的错误东西，下面就来讲讲这个问题。

二、现代科学技术的体系

我认为，我们的一切科学研究都是以马克思主义哲学为指导的，因此，现代科学技术体系应该明确其最高的概括就是马克思主义哲学，也就是辩证唯物主义。而这个现代科学技术体系不仅仅是自然科学和社会科学两大部门，而是发展了，并且仍在不断地发展变化之中。目前这个科学技术体系有九个大部门。第一个部门是自然科学。第二个部门是社会科学。第三个部门是数学科学，把数学科学作为一个单独的部门。这个观点复旦大学的数学家、教授谷超豪也同意，他也认为，数学具有广泛的影响，有必要建立数学科学。第四个部门是系统科学。系统的概念几年前只是少数人在宣传，现在已被广泛接受了。第五个部门是思维科学，研究人是怎样思维的。第六个部门是人体科学。人有别于动物、有别于一般的生命，它是高度复杂的，特别是人的大脑、人的意识，所以，研究人要注意精神和物质、意识和大脑以及人体相互作用这几个方面。第七个部门是文艺理论。现在我们要建设精神文明，文艺部门就相当重要，我认为所有党的文艺工作者都应该具有一定的马克思主义文艺理论素养，纠正以往文艺界不重视文艺理论的倾向。第八个部门是军事科学。第

九个部门是行为科学。当然，现在看是九大部门，这也不会是固定不变的，将来随着科学技术的发展，还会有增减。

这九个部门是怎样划分的呢，它们各是研究客观世界的一部分，还是研究整个客观世界？以前我们习惯于认为每个部门就是研究客观世界的某个部分，如自然科学研究的是自然界，社会科学研究的是社会。这种观点现在看来是不对的。如果我们去一个工厂考察，自然科学家就会看机器怎么运转，能量怎样输送这类问题；社会科学家就会注意财政、管理。同样一个工厂，自然科学家和社会科学家分别看到不同的侧面。因此，我们分为九大部门，并不是说每个部门只是研究客观世界的一个部分，而是认为它们都是研究整个客观世界的，不同之处仅在于观察问题、研究问题的侧面、侧重点不一样。具体而言，自然科学研究的是整个客观世界中物质在时空中运动这个侧面。社会科学是研究整个客观世界中人类社会的运动和发展的；因为人的眼界在不断开阔，活动范围越来越广，比如，美国的战略防御计划，也就是美国记者们戏称为星球大战的，就已经跑到地球上面的天上去了，我们研究社会科学的就不能不考虑空间，陆、海、空、天，不能不把眼光放远一些。数学科学是研究客观世界中数量与质量的辩证统一的。系统科学就是从系统的结构与功能的观点出发去研究整个客观世界。思维科学是从人认识整个客观世界的角度去研究这门学问的。人体科学研究的是整个客观世界中人体在整个宇宙环境中的发展和运动。文艺理论研究包括人在内的客观世界，着眼于人的主观实践与客观实际的相互作用后，主客观达到统一就得到美感。资产阶级的美学理论有一个缺点，它认为少数统治阶级以为美的那就是美，被统治阶级认为美的都不是美，结果反而说不清楚为什么美了；我们要建立以马克思主义哲学为指导的文艺理论，就必须实事求是，观察各种各样的人产生美感的实质。军事科学是研究整个客观世界中不同集团的矛盾和斗争的，实际上军事科学的应用不限于打用武器的仗，商战、智力战都包括在其中。行为科学的核心是个人与社会的相互作用，以此为着眼点观察研究客观世界的事物，研究控制社会中个人的行为。以上是要说明，每一个大的部门都在研究整个客观世界，求得将来掌握它的规律并改造它，不同之处只在于着眼点和侧面不一样。

每个部门，除了文艺理论（文艺工作的实际是艺术和技巧，不是现代含义的科学），又可分为三个层次，即基础科学、技术科学（应用科学）、工程技术三个层次。从这三个层次过渡、上升到人类知识的最高概括马克思主义哲学还需要一架桥梁。自然科学到马克思主义哲学的桥梁是自然辩证法；社会科学到马克思主义哲学的桥梁是历史唯物主义，数学到马克思主义哲学的桥梁是数学哲学，老名词是叫“元数学”，是数学的根本道理。系统科学到马克思主义哲学的桥梁是系统论。这

里附带说一句，不是三论，只有一论就是系统论。因为系统中当然有信息的传递，有控制问题，系统论中也就包括了信息和控制的概念。思维科学到马克思主义哲学的桥梁是认识论。人体科学通往马克思主义哲学的桥梁是人天观，即人和环境统一的哲学。文艺理论到马克思主义哲学的桥梁是马克思主义的美学，美的哲学。军事科学到马克思主义哲学的桥梁是军事哲学。行为科学通向马克思主义哲学的桥梁是注重研究人和社会这个部分的哲学，暂称为社会论吧。以上描述的就是我们认识到的现代科学技术的体系结构，见图1。

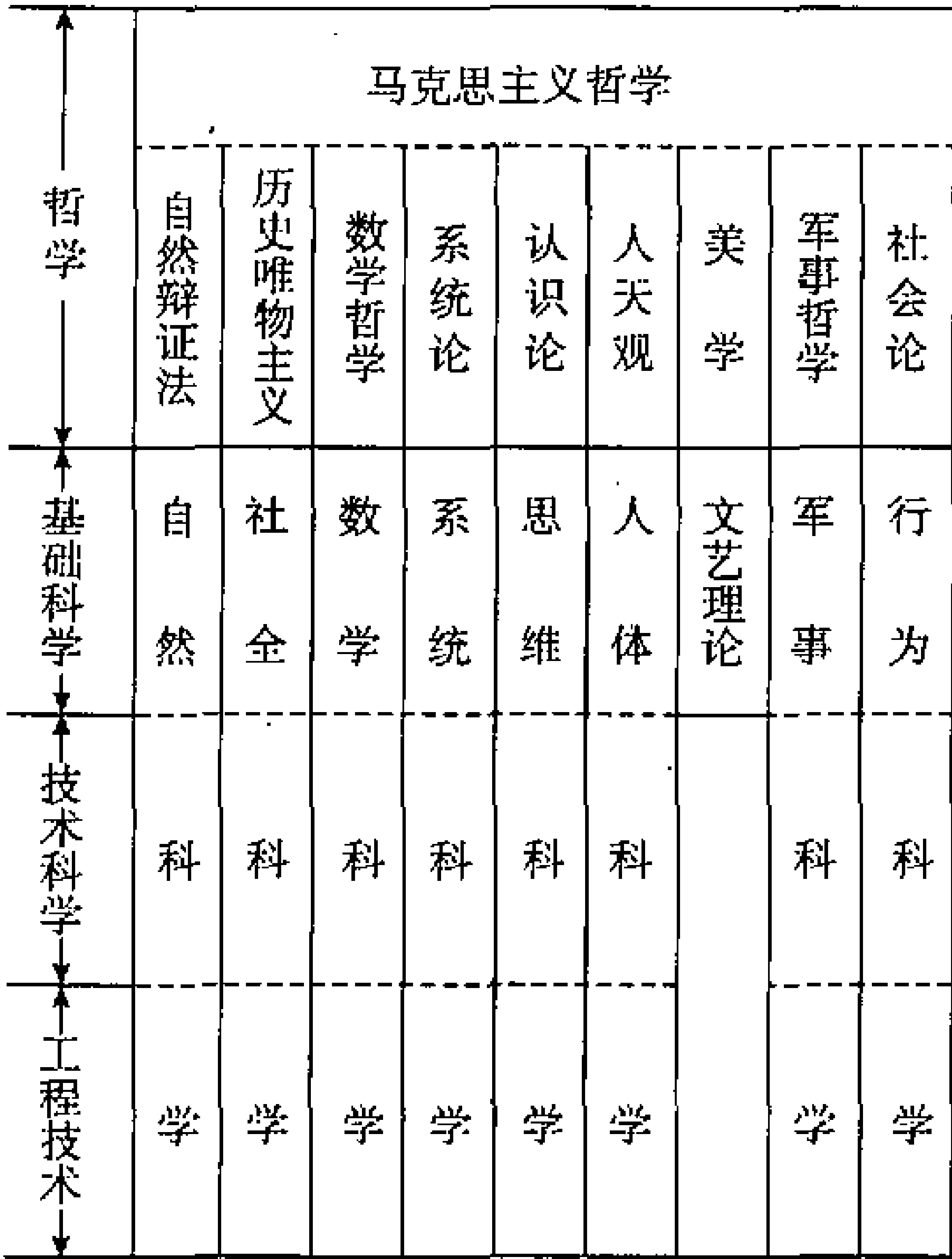


图1　现代科学技术的体系结构

马克思主义哲学的核心是辩证唯物主义。这个核心加上前面提到的通往九大部门的桥梁：自然辩证法，历史唯物主义，数学哲学，系统论，认识论，人天观，美学，军事哲学和社会论，就形成马克思主义哲学本身的体系结构。但哲学体系不是独立于现代科学技术之外的，马克思主义哲学通过以上九架桥梁指导着九个大部门的研究工作，这是我们科技发展的一个根本思想。这一点我重复过多次。我给搞科学技术的人做工作，让他们学点马克思主义哲学，他们还怀疑我说得对不对，我猜他们怀疑的是：资本主义没有马克思主义哲学不是干得挺好吗？我认为，资本主义国家没有马克思主义哲学已经发展成这个样子，是历史造成的；如果我们有了马克思主义哲学来指导科学技术发展就会如虎添翼。当然，这可能只有由历史来证明了，但我真诚地希望能早一些解决这个问题。

强调用马克思主义哲学通过九架桥梁去指导下面的科技活动，会不会把科技活

动束缚住呢？我认为不会。因为存在反馈作用，九个部门的科学技术发展也要通过这九架桥梁反馈到马克思主义哲学，来深化发展马克思主义哲学。这样，一方面是马克思主义哲学指导科学技术的研究，另一方面科学技术的发展又去深化发展马克思主义哲学，有来有往，通过这种往来使整个科学技术的发展生动活泼。但这样的往来关系也说明了马克思主义哲学家决不能把自己封闭起来搞研究，而是需要同各门的科学家，包括自然科学、数学科学家等一起讨论问题，一个人的学识总是有限的，免不了犯讲外行话的毛病①。

现在人们喜欢用“交叉学科”来形容研究学问中常常借用另一门学问的方法，或是因为要引用

另一门学问的内容。我想我们不要滥用这个词，我们在前面分科学技术的大部门时，强调了它特有的观察问题的侧面和侧重点，而不是其他，我们当然不能把凡是使用数学的学问都列入数学科学。至于科学学和数量经济学也都是社会科学。看来真正是几个大部门之间而“交叉”的倒是古老的地理学。国外还有一个词叫“汇合科学”（Converged Science），这似乎比较恰当。地理学是汇合科学。

按照现代宇宙学的观点，整个宇宙都在发展变化，所以自然科学不是一成不变的。至于社会科学当然也在变化，它的对象在发展着，社会有原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会，然后有社会主义社会，将来还会有共产主义社会。这样，学问也是一种历史发展的学问。社会的变化比起宇宙和自然界是快多了，但是人的行为、人的思维的变化就更快了，因此，研究学问不能头脑僵化，总要以发展的、变化的观点看问题。

三、科学技术体系是开放的体系

下面我分几点说明这个现代科学技术体系是个开放体系而不是封闭体系。

第一，这个体系是以马克思主义哲学为指导的体系，非马克思主义的学问不包括在其中，但是，划在体系之外不等于不予考虑，不，我们应该认真地考虑。《红旗》杂志1986年第3期上有一篇郑杭生同志的文章②，他认为，西方哲学不是马克思主义的，但必须对西方哲学进行研究，因为它恰恰是吸收了现代科学技术的新发现的哲学。现代科学技术有许多发现，这些发现必然要影响哲学的思想。对西方哲学研究就是要取其精华、去其糟粕，这是对的。

---

① 刘兵，王作跃，熊伟，等．对查汝强同志两篇文章中一些自然科学问题的商榷[J]．中国社会科学．1986（3）：20—24。

② 郑杭生．怎样看待现代西方哲学[J]．红旗．1986（3）：22—28。

另一方面，也有个很有意思的例子，有一位奥地利出生现在美国的物理学家叫F·卡普拉，他看到了物理学中的一些理论困难，同时又听说了中国古代一些哲学思想。据说有一次来中国访问，请他看川剧，剧中有姜子牙，姜子牙出台时亮了个令旗，上写着“无”，他问别人那是个什么字，人家告诉他是“无”，“‘无’是什么？”“‘无’就是什么都没有，是空的。”这给他很大启发，回去后就写了一本《物理学之道》的书，讲得是神之乎也，以至于创立了一门新科学，把中国古代的道教哲学和现代科学结合在一起了。这本书由四川人民出版社翻译后出版，改名为《现代物理学与东方神秘主义》①。这本书没有多少道理。日本的中山茂、田中三彦②就对他这个所谓新学说持批评态度。但是，其中也有值得我们考虑的问题：我们老祖宗的哲学是否也有一些可取的地方。我认为这种考虑问题的方式是恰当的，对古今中外的东西先进行甄别，好的就吸收；坏的，荒谬的就抛弃。这样做，我的现代科学技术体系对于外国的科学技术就是开放的。

第二，在客观实践包括科学实验、社会实践中都在不断地增加知识，对于这些新的知识也不能采取关闭的态度，而是要研究怎样把这些新的经验、新的知识逐渐地提升到科学的高度，提升到马克思主义哲学指导下的科学的高度，吸收到我们的科学技术体系中来。这是我们一定要做的事，这样我们的科学技术体系才是不断发展壮大的体系。

第三，人的经验的总结被系统化就成为知识，但这些知识毕竟还不能叫做科学。科学并不是一个孤立的经验体系，而必须纳入到整个现代科学技术体系中，能够同其余各部门相融合一致的，才算进入了科学体系。这点以前并没有强调。今天，如果你说你有个单独的体系，却和现在的体系挂不上钩，就暂时不能算做现代科学技术，一般来说，经验并不是科学，许多经验只知其然不知其所以然，而科学必须能说清楚为什么。这些经验的知识只是前科学。例如，如果我干某件事很熟练，我知道碰到什么情况该怎么做，但你要问我为什么这么做，我就说不出来了。这样的事情很多，都属于经验的知识。前面我提到中医理论，我觉得中医、中药这个重要的、宝贵的、我国几千年的经验总结也属于经验的知识，是前科学。在这样的情况下，我们的现代科学技术体系也必须是开放的，以便吸取这些经验的知识，把它们上升到科学。

谈到前科学我要说一下，在自然科学的研究中，从经验、实验的结果上升的第一步是“唯象理论”。从现象出发，通过对事实的观察，把现象捋出条理来成为一个更概括性的经验的学问，就是唯象理论。举例来说，中学课本中讲的气体定律，

① 灌耕．现代物理学与东方神秘主义．[M]．成都：四川人民出版社，1983。
② 中山茂，田中三彦．什么是“新科学”[J]．国外社会科学快报，1985（24）：36—38。

说是一定量的气体体积乘上它所受的压力等于一个常数乘上绝对温度（PV=CT）。这个气体定理就是一个唯象理论，它的得出是通过大量的实验概括出来的，它为什么这样就不好回答。但是，科学并不能停留在唯象理论上。上个世纪末、本世纪初发展起来的统计物理就彻底解决了这个问题，它从分子运动出发回答了为什么存在着气体定律，相对于气体定律这个唯象定理，统计物理学的解释就是一个科学的理论。从客观实践的结果到理论之间总有这么一个步骤，即唯象理论，现在一直是这样做的。再例如，基本物理学发现了很多粒子，怎么把它们纳入一个规律之中呢？1996年提出了一个八重法方案，但你不能问为什么有这么一个方案。那时，我国的科学家思想是解放的，认为应该研究一下为什么有这个方案，结果又提出更下一层次的粒子（层子），后来国际上称之为夸克。实际上这些都是不同层次上的唯象理论。现在又提出了更复杂的唯象理论，因为又考虑到了引力、弱作用力、电磁力、强作用力这四种力怎样才能统一的问题。先提出了超引力理论，后又提出了超弦理论。对于这两个理论，上海复旦大学的李新洲教授在《自然》杂志1985年第11期上有个高级科普式的介绍[①②]。什么叫超弦理论？无非是说假设我设想它不是粒子而是一根弦，就能把现在发现的现象纳入到可以解释的体系中去，但你不能追问为什么是弦。所以这也是个唯象理论。唯象理论是必要的，是从观察现象上升到科学的一个中间层次。

我说这些是要说明我们的科学技术体系是个开放体系。我们与许多非马克思主义的知识要有来往，不断地吸取营养，不断地壮大我们知识的内涵。这体系是个活的体系，是在全世界人类不断认识并改造客观世界的活动中发展变化的体系。而且，这个体系不光结构在发展，内容也在充实，每一部门也在不断发展，下面我就讲讲这个方面。

四、科学技术各部门的前沿发展

自然科学里的基础——科学的物理学就是一个迅速发展的科学。从历史上看，先发现原子，后来又进到基本粒子层次，然后又到了夸克层次。现在又出了四种力的统一，出现了超引力理论，超弦理论，也就是说在敲下一个层次的大门了。这就是从微观角度看，下面再从大的方面，从整个宇宙来看。宇宙学的研究在爱因斯坦提出相对论以后就变成一个可以科学地研究的学问，在此之前只是一种哲学思辨性的学问。根据爱因斯坦的理论提出了宇宙大爆炸的理论，认为宇宙是从一点开始，

① 李新洲. 现代卡卢札—克莱因理论[J]. 自然. 1985（11）：771—778。

② Simon Anthony. Superstrings：a theory of everything? [J]. New Scientist，1985（1471）：34—36.

后来膨胀，现在还在膨胀。我国许多很出名的科学家、天文学家也完全相信这个理论、宣传这个理论。在去年重新出版的《科学》这个刊物上就宣传这个大爆炸理论。可是，这个理论从马克思主义哲学来看是有点荒谬的，宇宙是从一个点开始的，宇宙就有了起点，那么这个起点之前到底怎样呢？我想我们都知道，恩格斯在《反杜林论》里，针对杜林提出的类似问题做过批判。宇宙一有起点，这就会引出上帝，所以，据说大爆炸理论受到罗马教皇的欢迎。作为科学工作者是不能接受这样的理论的。可是，不是由中国的科学工作者，而是由外国的科学工作者提出了修改大爆炸理论的“宇宙爆胀论”。这是最近六七年中的事；这个新理论殷登祥同志在去年7月22日《光明日报》上有一个介绍①。大爆炸理论是不行了，代之而起的是宇宙爆胀论。爆胀论是说我们这个宇宙是膨胀的，它是在更大的宇宙当中；在宇宙历史的某一瞬间，我们所在的某一点达到了一定条件开始膨胀的。在我们这个宇宙之外还有其他很多宇宙，更有意思的是其他的宇宙中物质的相互作用规律可能跟我们这个宇宙今天表现的并不完全一样。这就把人的眼界一下子开阔了。虽然我们现在的宇宙已经达到200亿光年这个范围了，但是宇宙爆胀论把我们引出了这个范围之外，进入更大的范围。我们从前讲微观、宏观、宇观，现在有一个比宇观还要大的，我称之为胀观。

微观下面也没有到底，这个比微观还要小的，我称之为渺观。

微观有一个大问题是量子力学的非决定论。量子力学是非决定论的，爱因斯坦在量子力学一出来就对这点不满意，他很想解决这个问题，但生前一直没有解决。现在伦敦大学的物理教授D·玻姆（Bohm）提出了一种可能，他认为，量子力学为什么看起来是非决定论的，只有深入到更深的一个层次中去，这个层次要比我们现在能用物理仪器观察到的层次小得多，是看不见的，所以他称之为隐秩序，是隐藏起来的决定论。近几年有个研究的热门叫浑沌。浑沌现象就是决定论表现为非决定论的现象。玻姆只是提出了这种可能性，现在还在做工作，但是这样也说明了物理学在短短的20年中发展迅速。

具体而言，宏观的尺度是100米左右，微观的尺度是100米的一千亿亿分之一即$100\times^{10-19}$米左右，那么，微观的标准尺度就是10^{-15}厘米，这差不多就是基本粒子的尺度，就是今天物理学实验的下限。渺观的尺度是10^{-34}厘米，现在还没有办法作实验观察。微观到宏观的交接面大概是一个大分子的尺度即10^{-6}厘米。宇观的尺度是10^{21}米，约10万光年，也就是银河系大小，宏观到宇观的交接面大约是3亿千米，即太阳系大小。胀观比宇观要大10^{19}倍，即10^{24}光年，我们现在的宇宙学根本摸不到边。宇宙的爆胀论提出除了我们的宇宙外还有别的宇宙，这就重现了莱布尼兹很早

① 殷登祥．大爆炸宇宙学与哲学观代化．光明日报，1985—7—22（3）。

就提出来的一个问题："可能的世界"。在莱布尼兹时代这仅仅是一种猜想，而现在这个"可能的世界"已经变成真正可能的了。对于这个方面的论述有很多，苏联的莫斯捷帕年科就有这方面的文章①。刚才说到的两个层次——渺观和胀观，都不过是近几年出现的，物理学和天文学联系起来就有这么多发展，能说科学技术不是发展变化的吗？

另外数学科学这门很古老的学科最近20年也有很大发展，模糊数学提出来了。所谓模糊数学是相对于清晰数学而言的。以前的数学都是很清晰的，1+2=3，一点不含糊。可是，人认识客观世界都是那么清晰吗？虽然客观世界是决定论的，是有规律的，因果关系毫不含糊；但是，由于人的认识局限性，我们认识到的东西都有模糊性。做实验会有误差，思维中也有很多模糊性。"只能意会不能言传"，实际上就是存在模糊性使人说不清楚。所以，"模糊"是根本的。清晰数学、经典数学对于人类的文明做出了巨大的贡献，但还要看到，如今已到了20世纪80年代，科学技术迅速发展，如果我们不考虑人认识客观世界的模糊性，就会造成决策、判断问题上的失误。处理模糊性问题不能像过去那样笼而统之，不能光说只能意会不能言传就完了，还要进行科学的处理。与清晰数学比较，模糊数学复杂一些，这也是它发展得比较晚的原因，但现在，发展模糊数学已经摆在了非常重要的位置上，是迎接21世纪的一个非常重要的领域。这里，我要宣传模糊数学，因为老实讲我国的反对派还不少哩。为此我在这里要引用一位美国数学家、芝加哥大学数学系教授S·麦克兰在一篇文章②上的话：这篇文章结尾说，"这种考察的基础上，我们试图给出数学的定义：数学在于对形式结构的不断发现，而形式结构则反映了客观世界和人类在这个客观世界里的实践活动，强调的是那些具有广泛应用和深刻反映现实世界的某一方面的结构"。他这话具有辩证唯物主义思想，是真正研究了数学发展的历史得出的结论。人类实践发现了新的问题，要解决问题就促使数学发展，因此，古老的数学科学大有发展前途。电子计算机、人工智能、智能计算机等的出现和发展，与模糊数学的发展关系重大，因此，必须重视模糊数学。

系统科学现在还不完整，系统科学中直接参与改造客观世界的与工程技术相关的那一部分，发展得很快，也就是说，系统科学中应用科学（技术科学）这个层次也发展迅速。控制理论、信息理论、运筹学都属于这个部分。现在系统科学的基础科学还是一个空档。最近《中国科技报》上登了我的一次讲话摘要，我认为，当务之急就是在系统科学中创建系统学，奠定系统科学的基础科学。

① 莫斯捷帕年科A M. "可能的世界"思想和现代物理学[J]. 罗长海，译. 自然科学哲学问题丛刊. 1985（4）：30—35，88。

② Saunders MacLane. 数学模型——对数学哲学的一个概述[J]. 边春裕，译. 自然杂志，1986（1）：49—54。

思维科学的主要突破是搞清形象思维到底是什么。形象思维与模糊数学有关系，它带有模糊性。最近有两位搞模糊数学的同志，一个叫霍明远，一个叫汪培庄，发表了一篇文章①，是用模糊数学中的相似度概念解决类似预报地震这类的问题。如果要预报8级以上地震，首先看历史的记录，记录表明8级以上地震的分布是分散的，好像有规律又好像没有规律，说有规律是说和地壳的结构有关系，8级以上地震易发生在活动断裂带。其次用模糊数学的方法分析处理上述记录，最终提出8级以上地震有可能在哪些点上，在什么时间出现。根据这种相似度估计，预测到2003年会在甘肃的天水、宝鸡、固原一带发生8级以上地震，其后要隔111年在贵阳、西昌、遵义这一带发生大地震。当然这个结论并不能看成是地震预报，但是可以引起注意，到了2000年就对宝鸡、天水这一带严密监视。我觉得这种方法和科学里的创造性思维是完全一致的。爱因斯坦曾讲过，创造性思维不是完全逻辑的归纳，逻辑的归纳不能归纳出创造性思维来，创造性思维是从事实中产生一个飞跃，飞跃到一个设想，这个设想对不对，还要经过科学的、严密的论证。但是，如果你没有这个设想，那么你后面的工作也就没有了。对于爱因斯坦的这个观点我非常相信，我自己有实践的体会，开始时是怎么想到这一点的，说不清楚，模糊得很。现在，霍明远、汪培庄用模糊数学解决了这个问题，表明在模糊的时候还是有规律的，这种规律找出来就可以应用了。所以，思维科学现在是有希望的。

人体科学中最大的问题是中医的问题，中医怎么变成科学？怎样才能成为真正的科学是个大问题。去年有些同志提出中医要现代化，但一直到现在也不知道怎样现代化。去年12月卫生部、国家科委在北京中医学院开了一个中医现代化讨论会。我看了讨论会的论文，各说各的、天南地北，看不出怎样搞。但是，这个问题一定要研究，这个工作会使人了解自己的科学——人体科学产生飞跃。现在西医也感到自己的路不好走了，他们对中医很感兴趣，这一情况我们得重视，否则他们会赛过我们的②③。

文艺理论④、军事科学⑤、行为科学⑥就不多说了，因为同志们可能更关心的是社会科学。最近我看到美国人写的一本有关办公室自动化的书，书中有几句话很有意思，他说，办公室自动化在技术上没有什么问题，问题在于我们搞办公室自动化要干什么，对我们社会有什么影响，这个问题还没有解决。现在美国科学技术的发

① 霍明远，汪培庄．相似度求解的一般方法与应用[J]．求是学刊，1986（1）：16—21。
② 佚名．我国中医研究当心别人赶上[N]．中医药信息报．1986—4—16（1）。
③ 佚名．中医研究不跑步不得了[N]．中医药信息报．1986—4—16（1）。
④ 钱学森．关于马克思主义哲学和文艺学美学方法论的几个问题[J]．文艺研究．1986（1）：4011。
⑤ 钱学森．关于军事科学的结构问题[J]．中国大百科全书《军事卷通讯》．1984（27）．4。
⑥ 钱学森．谈行为科学的体系[J]．哲学研究．1985（8）：11—15。

展已经大大超越了人们理解这个社会的能力，它举了个例子来说明这种状态，认为就好像已经建立起一个庞大的航空工业，但还没有什么飞机可造，在等待着莱特兄弟发明他们的“小鹰”号飞机。一旦知道莱特兄弟发明了“小鹰”号飞机，马上就可以使航空工业投产，生产出几十万架、上百万架“小鹰”号飞机。但还有个问题就是不知道飞机制造出来干什么用。它形容美国社会就是这么个状态，我觉得很有参考意义。它说的，人掌握自然界、掌握物质规律的技术现在确实不得了，但是，人对于自己的社会其发展的规律性还研究得远远不够，这种情况在我国同样存在。所以，我非常赞成、拥护中央关于制定七五计划的建议中，强调社会科学要联系实际解决我们建设社会主义当中的问题。这里面要做的事非常多，如经济学，从前我们只有政治经济学，最近于光远同志创议，由黑龙江大学熊映梧提出要搞生产力经济学，我认为这是对的。过去总认为生产力的结构设计比较简单，而研究生产关系的政治经济学比较复杂，可是，现在生产发展到这种复杂的程度，不研究生产力经济学是不行的。我还提出一个金融经济学，我和一位同志通信[①]中谈到，为什么我们国家中大家憋着劲，但是却干不成呢？因为没有投资。这真是一个怪事。香港的包玉刚先生初到香港时没有什么钱，但过了20年他已成为了不起的巨富。你说他光是扩大再生产吗？他还用了国际金融手段，这是很重要的。我们要发展经济，也要利用国际金融市场和国内金融市场，这就需要金融经济学。

历史要成为历史科学这是毫无异议的，马克思、恩格斯已把这个问题指出来了。要用马克思主义哲学、历史唯物主义来指导，把历史变成一门科学。但是，实际上怎样呢？马克思离开我们已经100年了，我们做得并不令人满意。这里面有个工作量的问题，也就是首先要做的核实历史事实的工作量很大，要把这个工作做得更快、更有效，就要采用现代科学技术的方法。另外还要开拓新的历史资料，比如考古，我们对考古工作应该多支持，使这个非常重要的工作进行得快一些。第三，是怎样使资料性的东西变成社会历史的概括起来的一种社会运动；这是最难做的一件事。举个简单的例子，《红楼梦》中林黛玉到底是几岁进贾府，研究红学的人历来争论得不可开交，有说7岁，有说9岁，有说10岁，还有说11岁的，可就是定不下来。前年，江苏镇江市科委的彭昆仑同志用计算机来解决这个问题，他把《红楼梦》里所有能收集到的有关林黛玉年龄的资料都输入到计算机中去，计算机的数量证明表明林黛玉入贾府时是9岁，只有9岁最符合《红楼梦》叙事前后关系。我认为这就是科学的历史科学方法，那么多的事实凭历史学家开讨论会是没有希望的，但是现在有系统工程模拟方法，可以建造一个模型把所有的数据输入到模型中去，然

① 钱学森. 关于“金融经济学”的一封信. [J]. 云南金融研究. 1985（9）：1—2。

后用电子计算机算。这样就把历史科学变成一个定量化的历史科学[①]。

再有一个大问题是研究垄断资本主义。党校去年出了一本书：《现在资本主义垄断经济》，是仇启华、吴健同志合编的，我认为这本书写得很好，但最后谈垄断资本主义前途如何，就不清楚了。垄断资本主义在一国范围内就自己灭亡？这本书还没有回答这个问题。我同吴健同志谈过，我说，你还应该鼓起劲来把20世纪末和21世纪的“资本论”写出来。以前有马克思、列宁的书，可就是列宁的书到现在也有70多年了，现在这个世界已不同于马克思、恩格斯的时代，也不同于列宁时代，革命导师并不是神，不能要求他们预见到我们现在的情况，那么，我们就应该根据现在的情况来研究，写出今天的书来。这个问题我也跟国务院国际关系研究中心总干事宦乡同志通过信。宦乡同志有好多好的想法。这个问题我们必须好好研究，研究这个问题我们就能够看到他们的命运如何，知道用什么办法对付他们。《参考消息》3月9日有篇标题很令人注目的文章，叫《美帝国主义的衰亡——太阳又在东方升起》。这是一个美国作家在英国讲的，说美国不行了，兴起是东方，是亚洲，日本、中国。他建议美国赶快和苏联结合起来对付我们，观点很鲜明。这篇文章表明他们自己感到自己不行了，那么，我们就应科学地说明他们为什么不行，他们将来还会怎样。

另外，我们是研究社会发展的。马克思提出的社会形态这个概念非常重要，它是社会的综合状态，社会形态的飞跃就是社会革命。我曾讲过[②]社会形态有三个侧面：一个经济的社会形态，一个政治的社会形态，一个意识的社会形态。经济的社会形态的飞跃就是产业革命，政治的社会形态的飞跃就是政治革命，意识的社会形态的飞跃应该是真正的文化革命。社会形态这三个侧面的相互关系，它们的发展，也是非常重要的问题；我们现在讲要建设社会主义物质文明和社会主义精神文明不就涉及所有这三个侧面吗？

以上讲的问题我认为是重要的，搞明白了会有助于我们明确我国今后科学技术的发展战略。例如，我们过去培养人才侧重于理科和工科，如果按我们在文中提出的现代科学技术体系，我们就应该大大加强社会科学、系统科学、思维科学和行为科学的人才培养和研究工作。

当然，我们提出以马克思主义哲学为最高概括的科学技术体系，并且指出这是一个开放的、发展的体系，是更高地举起马克思主义的旗帜。现在离开《共产党宣言》已经100多年了，我们应该显示一下马克思主义的伟大精神力量！下面我引用

① 钱学森，吴廷嘉，沈大德．用系统科学方法使历史科学定量化[J]．历史研究．1986（4）：7—14。

② 钱学森．新技术革命与系统工程——从系统工程看我国今后60年的社会革命[J]．世界经济．1985（4）1—9。

毛泽东同志在《实践论》中的一段话来作结束：

“马克思主义者承认，在绝对的总的宇宙发展过程中，各个具体过程的发展都是相对的，因而在绝对真理的长河中，人们对于在各个一定发展阶段上的具体过程的认识只具有相对的真理性。无数相对的真理之总和，就是绝对的真理。客观过程的发展是充满矛盾和斗争的发展。一切客观世界的辩证法的运动，都或先或后地能够反映到人的认识中来。”“客观现实世界的变化运动永远没有完结，人们在实践中对于真理的认识也就永远没有完结。马克思列宁主义并没有结束真理，而是在实践中不断地开辟认识真理的道理。”

选自《钱学森文集》卷四，第225～242页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

谈人的潜力①

开展人工智能基础理论研究

刚才，听报告人讲了智能接口方面的问题，使我们学到了不少东西。这个问题正如报告人讲的，很重要，是已经逼到我们头上来的一个问题。我们要把电子计算机纳入到人—机系统中去这是一个必须解决的问题。

作点历史回顾，这就有点像航空技术在本世纪20年代时的情况。第一次世界大战后，航空就上马了，到了20年代，就要求大力发展。但是，当时的航空理论基础还没有很好地建立起来。所以，20年代的航空完全是硬干起来的没有多少理论作指导。道理很简单，就是技术要求的迫切性走到了科学发展的前面。30年代、40年代航空理论的大发展促进了航空技术的发展。当然，航空技术的发展又给航空理论提出了新的课题。我有这么个感觉，就是人工智能也是现实压得我们必须解决的一个问题。但是，现在的理论基础还很差。比如，今天介绍的情况，现在使用的工具很零碎。像语音这个问题，它涉及到语义，还有图形和图像等等问题，同时也涉及到人的思维。但是，迄今对人的思维还没有完全搞清楚。搞清楚的只有一种、就是抽象思维，或者叫逻辑思维。现在用的也只是这种思维工具。但是我们知道，这只是思维的一部分；还有更重要的一部分，就是形象直感思维，还远没有搞清楚，没有办法用。这就是目前的基本情况。

我在多种场合下呼吁，人工智能这方面的工作非常重要，但是千万不要忘了，还要同时去大力发展理论工作。不然，最后恐怕难以深入下去。我相信，理论发展了，一定会促进人工智能，促进接口这些实际问题的解决。这方面的先例已经有过，那就是20年代和30年代航空技术发展的情况。从大道理上看，马克思早已讲过了，理论和实践是互相促进的，不能只搞一方面的东西。这就是我听了这个报告之后的一点感想。

发展教育科学，进行教学改革

今天是12月29日，是我们今年最后一次学术活动。我们都是科技人员，得想想

① 这是钱学森1986年12月29日在程虎作“智能接口及有关问题”报告后的讲话。

今年走过的路以及1987年和以后要走的路。

今天，我想从更大的方面讲讲，这就是人的潜在能力。

首先，从教育，培养大学生、硕士、博士这个问题讲起。我不是搞教育的，没有研究过教育学。只是实践过。但是，我这个门外汉感觉到教育科学还不够科学，可以说还不存在教育科学。虽然在北京有个教育科学研究院，但是教育并不科学，主要是经验性的东西，形不成一门科学，恐怕还没有理论。所以，两年前我写过一篇文章。我从自己的经验出发来讲这个问题，我没有什么理论。我说：我6岁入小学，上了6年小学，6年中学，是规规矩矩地按年龄入学。高中毕业是18岁。现在想来，我的中学实在好，就是现在和平门外的师大附中。那个时候，这个中学的学风非常好，学生是求知，而不是死背书。到高中时选课很多，例如伦理学、数学的非欧几里德几何都可以学。高中分一部和二部，我在二部，属理工科。那时我学的东西很多：大代数、解析几何、微积分都学过。后来我进了上海交通大学时，第一年就没什么新东西可学，第二年大部分时间也没有什么新东西可学，等于放了一年半"羊"。到了大学三年级才有新的课。四年级要毕业了，又放羊了，放了半年。在旧中国，学生快毕业了，教授和教师还满客气的，要求不高，好像要把师生关系搞得好一点。所以，我在交通大学真正花力气学习只有两年。

因此，我在两年前的文章里认为，6岁入学，12年后毕业，即18岁毕业时相当于现在大学的二年级学习程度。我认为，在大学学习两年就可成为学士，如果大学学4年，就应该是现在的硕士水平。以上这些，并不是我钱学森的个人经验，还包括我同班同学的经验。因此我认为6岁入学，18岁高中毕业，再上四年大学，就可以达到现在的硕士水平。这在旧中国能做到的事情，在新中国也一定能做到。但我也考虑到有障碍。我们现在的改革，什么事情都会有障碍的。所以，我也给了点时间，这个宏伟计划是不是在2000年实现呢?

大概在一年多以前，我又受到一次教育。中国科学院心理研究所一位研究员，她来找我，说她受到马克思主义哲学，即恩格斯自然辩证法的启发，做过多年的实验，对小学生进行抽象思维教学。她认真去做了，并且发现可行。这个给我很深刻的教育。因为，我从自己的实践认为，恐怕到初中三年级才可以接受抽象思维教育。但这是人的经验主义，因为我是初三开始学几何。在没学几何前，没有抽象思维，学习只是硬记而已。小孩子只是凭兴趣记住许多东西，对事物之间的关系，还不会推理。所以，我的错误概念是小学生不能进行抽象思维。她打破了我这个观念，她真的到小学做实验了。

她给我举的例子很有意思。比如，一与多的辩证关系。教师在黑板上画一个苹果，问学生这是什么？回答是1个苹果；再画1个，答两个苹果；再画1个，答3个苹

果。接着在3个苹果下边画一个盘子，再问学生，有的就愣住了，但有的学生大胆地说，这是一盘苹果。刘教师说对，现在3变成1了，成为一盘苹果。她就用这种方式来启发孩子。后来，她就在小学教中学的数学课，很成功。

孩子们可以独立思考了。对有些课程，一些学生说，教师你不用讲了，我自己看课本就懂了。而且，教其他课的教师就跟她讲，你这个办法好得很哪，你的那些学生在我的课上，表现得特别聪明。我听了这些，心里挺开窍。我承认自己的错误观念。这样，我就觉得应该有个新计划。再加上我在家观察我的第三代，我看应该把过去的制度打破，孩子们4岁就可入小学。高中毕业也不需要12年，我们的景山学校不就是10年一贯制吗。听说上海还有9年一贯制的。暂不说9年的，只提10年一贯制，孩子到14岁就可以达到现在大学二年级的水平。照此说法，青年到18岁的时候就可以达到硕士水平。

我这个想法跟上海搞教育改革的人谈过，他们把我的话登出来，题目是《钱学森在上海谈教育改革》。其实，我没到上海，我是在北京跟上海一个调查组谈的，18岁可以达到硕士水平，但做起来可能很难，是不是到21世纪去实现呢？我认为是可以做得到的，因为有事实根据。

最近，还有一件事给了我启发。那天早晨，我刚到办公室，秘书同志跟我讲，说今天上午震寰同志带来个神童，一定要见我。我说见就见吧。这个神童后面跟了一位武汉大学的教师，一问神童的名字叫津津，才6岁，还是武汉大学的大学生！我问他些问题，他说了不少东西，好多事都能说。不仅能看中文的东西，英文的也能看，而且英语说得也不错。可见这孩子脑功能的发育水平至少是初中或高中程度。当然，神童也是带引号的，他也不怎么“神”。后来知道，他的父母在他小的时候就进行教育。据说他母亲在怀孕时就开始注意了。对于他，震寰同志有一大包材料，我还没来得及看。这是个知识分子家庭，孩子一生下来就进行教育。所以，这个孩子是教育起来的，他的大脑是通过教育而发育起来的，仅仅6岁，聪明得让人吃惊，英语讲得很流利，知识很丰富。因此，我觉得18岁达到硕士水平完全可能，看来还可以再高一点。

挖掘人的潜力

以上讲的这些，预示着教育是大有可为的。把这些情况总结出来，那么，我们就可以通过教育，使每个人都成为“圣贤”，就是有高度智慧的、有知识的和有素养的人。但我又想，还不能到此为止。因为我们这里还在搞人体科学，搞人体特异功能。现在，我们所已经证明了特异功能这个事实；这不是传说，也不是做假。这

里包含许多东西值得探讨。因为大家都知道了，我就不仔细讲了。我再讲一个特异功能者，他能预感地震。这件事说怪也不怪，从前历史上有过许多观察和记载。老鼠、蛇都能预感地震，就是说地震有些信息传出来，使老鼠和蛇感到不安，如蛇要搬家等现象。实际上，我们人也会感受到这些信息。但问题出在我们这些人受教育太多了，主观上把感受到的信息给抹掉了，认为不是自己要考虑的问题。但是，这个人把感觉到的信息处理了，预报出地震，那也不奇怪呀！连老鼠和蛇都能预感地震，作为有健全大脑的人更应该预感准确些。这样一想，特异功能也就不怎么特异了。同志们都知道，特异功能可以诱发。最近做的弯叉子实验，随便找个人都可以做出来。所以，我觉得从前的人说什么“神仙”，无非是人们想象出来的东西。但是，如果把人体科学研究的成果运用到培养人的方面，把人的潜在能力发掘出来，那就又高出一层，不仅是人皆可为圣贤，而是人人皆可为“神仙”了！同志们想想，如果把前边讲的神童这套东西发展了，用到教育系统中去，那么，到21世纪，我们就可以做到人皆“圣贤”。如果能从人体特异功能中找出规律，能够挖掘出人的潜在能力，那就是更高一个层次，人皆可为“神仙”。这是一个推理。因此，我们在做这件事情时应该考虑这些问题，实际上这是人类认识客观世界和改造客观世界的一次大飞跃。

谈谈第二次文艺复兴

以前我曾在人体科学研究会上说了一次，我们现在面临的问题实际上是第二次文艺复兴，这是件大事。第一次文艺复兴发生在16世纪，它打破了中古时代的愚昧，开辟了近代科学发展的道路。我刚才说的这些，无非是说还有许多东西在束缚着人们的头脑。那些受束缚的人，就显得很愚昧。我们就是要打破这个，使我们认识客观世界和改造客观世界来一次更大的总的飞跃，这难道不是第二次文艺复兴吗?

恩格斯关于文艺复兴有这么几句话：“文艺复兴是人类前所未有的最伟大的进步的革命。是一个需要而且产生了巨人——在思想能力上，热情上和性格上，在多才多艺上和学识广博上的巨人的时代。”这是恩格斯对文艺复兴的评价。我认为我们现在面临的就是又一次文艺复兴的时代。

今天，在《参考消息》第三版上登载了日本的所谓人类新领域的研究计划。这个大家都知道，日本要花几十亿美元搞这个大计划。可我看完以后，觉得日本人也不怎么样，他还没有跳出旧框框，所谓人类新领域的研究还是老一套，比在座的同志们所想的差远了！所以，我们不要妄自菲薄。我们抓的这件事情可是一件了不起

的事情。当然，我们要吸取所有好的东西。例如，我前天买到了一本好书：Robert Rosen著的“Anticipatory Systems”。意思是说有一种系统，可以根据它所感觉的东西来预测未来，因此要采取适当的措施。这本书就是专门研究这样一种系统。他说，这样的系统实际上就是生物。他说生物所以区别于非生物，就在于生物能够感知未来。我觉得这个概念很值得注意。我们始终觉得还原论的办法很难解释为什么有生物，生物与非生物的区别在哪儿。Rosen写这部书的目的就在于此。要找出生命现象的特点。我觉得这本书很值得研究。所以，好的东西还是有的，我们要把它吸取过来。但是，我刚才看了日本这个几十亿美元的计划，我不怎么佩服，或许是他保密，好东西没说出来。

总之，我们所从事的这项工作是有远大前途的，我要说这是要震撼历史的。但我们干这件事会遇到各种各样的困难。从历史上看，那些为第一次文艺复兴作出贡献的伟大人物，杀头的有，让火烧死的也有。因为你要革命，你要改变世界的面貌，那么旧的东西就会接受不了，就会给你制造各式各样的困难，甚至于把你消灭掉。历史是这样的，也不奇怪。新与旧的矛盾就是如此。所以，我们干的这些事情，遇到的困难，那是小意思。没啥！你们还很幸运呢，我们现在是中国共产党领导下的中华人民共和国，我们不过是碰到一点点困难么，何况还有领导支持这项工作。所以，我们不要怕困难。我觉得看准了这个目标——第二次文艺复兴。我们将来要使人皆成神仙，什么困难也不应该怕。

我最近老引用鲁迅先生劝郁达夫的诗。意思就是不要贪图安逸，要干，再困难也不要怕。诗句是“平楚日和憎健翮，小山香满蔽高岑。”前一句的意思就是说，风平日暖的气候，一个真正能够高飞远翔的鸟是不喜欢的。下一句是小山开满了花，很香，你要在那里，你就看不见后面的高山了。我想，我们也是这样，我们干的这些事情一定会招来一个第二次文艺复兴，是人类历史的再一次飞跃。

选自钱学森：《人体科学与现代科技发展纵横观》，第414～421页，人民出版社，1996年9月第1版。

语言、思维与智能机[①]

1. 先有语言还是先有思维?

今天的题目是很大的。讲的范围是很大的，也是一个真正的理论问题，全部语言学的问题。还有一部分简单些。讲的这些在我们人—机—环境系统工程当中能够用到什么程度？我们的目标是比较窄的。我认为那两个问题要分开来对待，因为第一个问题确实太困难，非常困难。许多根本性的问题现在还都没有答案。比如说语言和思维的问题，就涉及到张瑞钧同志讲的大脑的一些问题。我从前也不懂这些东西，好像希腊哲学家说过语言比思维在前。没有语言怎么思维？今天又有另一个看法，好像是把它倒过来，先有思维后有语言。我想这个问题恐怕还要深入研究。希腊哲学家的说法在某种意义上讲是对的，因为你要思维没有语言怎么思维法，胡思乱想还是什么？所以他也有点道理。但从语言的发展历史看，先有语言后有思维好像也说得过去。这样一个问题我看还要深入研究。我倾向于要强调哪种说法时防止机械唯物论，或者唯心论。不要忘了，我们还是要辩证唯物主义，用马克思主义的哲学来指导我们的研究。具体看语言和思维的问题要用辩证的方法去处理，要争哪个在先，哪个在后，怕要钻到死胡同里去了。这是我的一个观点。也就是说广义地来研究语言学。我是不懂这一行，今天从介绍的情况看，外国人处理这个问题有点机械唯物论。我们要警惕，对大的问题要认真对待，用马克思主义哲学即辩证唯物主义的观点来处理。外国的科学家绝大多数是机械唯物论，他们有局限性。

2. 根据需要进行课题设计

第二个问题比较简单，在人—机—环境系统工程当中分析语言技术要求并不高。首先要有要求才行。刚才讨论当中也列举了好多例子证明需要。我们想一想，要是没有机器，没有通讯系统，那就没有要求去分析语言学。人和人如果闭关自守，一个村里的人互相交谈就没有什么必要研究语言学。没有人跟机器的对话，没有电子计算机等也就没有研究语言学的要求。近代的发展都是因为有一个迫切的、

① 这是钱学森1987年5月11日在黄端生作“语言分析及其在人—机—环境系统工程中的地位”报告后的讲话。

应用的、解决具体问题的要求所应运而生的。我们要实事求是地解决问题。我们的学问现在能够解答什么问题，那你就解决什么问题，能解决到什么程度就解决到什么程度。难的问题没法解决就暂时放一放。我们就是这么一个态度吧。不能解决全部语言学的问题，可搞语言学的应用。我不知道你们是不是搞这个的，恐怕也只能是如此了。你们不能去研究全部的语言学，那是一个技术性的问题。人一机一环境系统里面语言的问题可以实事求是，可以限制一些，就是用标准的人说的话，别说怪话啦，那么机器也懂不了。诸如这类的工作还是要做的。这两个方面的问题要分开，我们所说对于更广范围的语言学是感兴趣的，但投入很大的力量搞不现实，只能搞应用的一部分，根据现在的语言学进展的程度能用到什么程度就用到什么程度。在应用当中发现什么问题向研究语言学的人提出来，告诉他说：你那套学问还解决不了，还要进一步请你研究。这两部分要分清楚。主要讲这两个问题吧。

3. 智能机与语言

其他有些小问题：在最后的幻灯片上有这么一个意思——智能机一定要懂得语言吗？我有一点不同的意见，智能机可以不懂语言的。智能机要解决的问题比懂语言要广得多，你完全可以把清楚的符号把题目输入到智能机，让智能机去求解。这没有语言的问题。我从前接触过智能机，智能机不一定懂语言，你可以把题目出给机器，用机器能懂的语言出给它，然后让机器解答。别的不说了。

4. 共生的生物演化论

我提个建议。我们是搞航天医学工程的，跟生物有密切的关系。最近看到英国《新科学家》刊物是1986年7月3日，这一期有两篇文章讲一个美国女生物科学家的工作。这个科学家是美国波士顿大学生物系的教授。最近她又被选到美国国家科学院当院士，1983年选进去的，是很出名的了。她做的工作我认为很有意思。生物的细胞从前说是两种，一种是圆核细胞，一种是真核细胞。这位叫琳·玛高利斯的女教授多少年来就认为：真核细胞在原始发生的时候可能是两个圆核细胞共生的结果。她提出来的理论叫作共生的生物演化理论。这个理论是进化理论中一个新的方面。我觉得她这个工作特别有意思的是她这个理论最近才大部分被得到承认，不是全部是大部分。现在是80年代，她提出这个见解的时候是60年代初，那时她很年轻了，就20多岁，还在读博士生的时候了，她的这个说法与当时流行的遗传理论是不一样的，所以一直是受压的。但这个美国女生物工作者的长处、优点是不泄气，你

越不同意她就越钻这个学问，找证据。后来她自己的工作还有别人的工作使她的理论大部分被越来越多地承认了。那么她在1983年被选入美国最高的学术机构——美国国家科学院。她这个工作很值得重视，这是生物进化的一个新的方面。不久以前她还提出整个地球的大气演变到今天的大气，生物的作用是非常重要的。这也是跟一批地学家不注意或根本没想到生物的作用是有区别的。这是一个方面。学术理论上的新看法值得我们注意。另外一点，她这种在学术真理上奋斗的精神值得我们敬仰。特别是在美国妇女搞科学是很困难的。她碰到那么多困难没有泄气。这一点也确实值得我们学习的。因此我也有感想，当前我们中国的科技界学风不是太好，随声附和非常厉害。敢于真正地探讨真理不屈服的、真正敢于提出见解来的不是没有，但是不多。总的来看我们缺少创造的能力、创造的精神，这也有一点全盘西化的劲头了。外国人说的都是好的，也不想想它到底对不对。这和我们国家的中央领导人讲的精神也是不相符的。我们无论如何要创造一个精神，我们是搞科学的，就在科学的研究上服从真理，其他的都不听，不要怕人反对，他如果反对的有道理能说服我，那么我承认错误，如没有说服我，我就不能放弃我的观点。我有个想法，建议搞生物学的人读一读刚才讲的那两篇文章。这一期上有两篇都是讲她的。读后是否可以在我们这个报告会上给大家讲一讲，我想是有点好处的。

选自钱学森：《人体科学与现代科技发展纵横观》，第450～453页，人民出版社，1996年9月第1版。

软科学是定性与定量相结合的系统科学[①]

今天是北京图书馆新馆落成开馆的一系列纪念活动当中的一项，就是我们要举行一共十讲的软科学系列报告，而今天就要请北京师范大学方福康教授讲第一讲《非平衡系统理论在社会中的应用》。这是很有意义的一次纪念活动，因此我也想提一项建议：

北京图书馆从开馆到现在已有75年的历史了，在座的同志可以想一想，对中华民族来说，这75年是怎样的75年？这75年就是我们从灾难深重当中崛起，中间有两次复兴：一次是从五四运动和中国共产党的成立，到新中国的诞生；第二次是我们总结了建国以后的成就和错误，在十一届三中全会制定了中国社会主义初级阶段的建设路线。这是在差不多一年前，中央制订的《社会主义精神文明建设指导方针》的那个决议上讲的，现在是第二次的复兴。所以这75年，在我们中国的历史上是非常重要的，我们应该把这段历史陈迹留下来，用它来教育、激励我们的后代。因此我想，在这75年中，曾经是北京图书馆的一些地方，像中海的居仁堂，北海公园的松坡图书馆，还有文津街的图书馆等，都应该成为北京图书馆的特种书刊的图书馆。把它们保存起来，因为每一个地点都有它的历史意义。这个建议刚才我已经向任继愈馆长讲了，对不对请考虑。

系统科学的结构

现在我讲讲我们系列报告的主题。几年来我们习惯于叫系统科学，也就是从系统的结构入手，根据结构研究系统的功能，也就是结构与功能的关系。用这个观点来看整个世界，作为一门学科叫系统科学。它和其他科学部门一样，也有其结构，有直接改造客观世界的一些工程技术性的学问，在系统科学里，就是各类系统工程。然后是这些直接改造客观世界的技术的一些理论，这是中间层次或者说是应用科学的层次。这在系统科学里是各种系统的理论，如控制的理论，信息传递的理论等等。然后就是到更高度的概括，那就是系统学了。这样一种结构，即从工程技术到应用科学，再到基础科学，是现代科学技术的一个普遍的结构。我还认为，人类的知识或者科学的最高的概括是马克思主义的哲学，这是人类智慧的结晶。那么从每一个科学的部门到马克思主义的哲学，中间还有一个它本部门学科的概括性的理

① 本文是1987年11月1-4日在北京图书馆新馆开馆落成会上的发言。

论。从前我把这个叫做从一个科学部门到马克思主义哲学中间的桥梁。这个桥梁在系统科学就是系统论。我在这里必须再次讲：我不赞成那种所谓“三论”的说法，什么叫“三论”呢？就是控制论、信息论、系统论。我认为这种说法是把事情搞乱了。控制论，信息论是应用科学，不是哲学性质的。哲学性质的只有一个论，就是系统论。这些观点，今天我不多讲了，于景元同志在第二讲《从系统工程到系统学》，会给大家详细讲的。

系统科学为什么重要

我很赞成我们搞的这一系列报告，因为这个问题是非常重要的。为什么呢？对于这个问题，我们要从人类认识客观世界的高度来考虑。大家都知道，现代科学是从文艺复兴以后开始的，它的特点就是不尚空谈，即是从实际出发，而且是为了认识客观世界和解决实际问题的，所以就采取了一个还原论的办法，也就是把事物分解，一层一层分析下去来研究，比如说分子，要了解分子，就要追究到原子。追究到原子还不行，还要往下追。就到了原子核，基本粒子。现在物理学又在搞更下面一个层次的物质结构。这就是一层一层的往下追。生命现象也是这样，研究整个生物太复杂了。所以就研究组成生物的各个系统、器官，然后认为这还太复杂了，再往下追，一直追到现在，生物已经到了分子的水平，叫分子生物学。所以这样一种研究客观世界的方法，其好处是，它是实事求是的。从客观对象的一层一层分解，深入进行研究。但是也有一个毛病，就是这样一层一层分解下去，研究得好像越来越深了，但是对这个事物的整体就忽视了。比如生命现象，现在一直搞到分子生物学了，但是生命整体到底是什么，反而越来越不清楚了。这就暴露出一个问题，就是近代科学走的还原论这条路，有一个毛病，就是没有整体的观点。而系统科学就是从整体的观点来看问题。一反从前那种只靠还原论的办法，越分越细的办法。当然这里也必须说清楚，我们提倡的系统论，不是古代的整体观，古代的整体观有一个局限性，就是那个时候没有工具，没有实验方法来研究更深的层次，因而也就停留在笼统的认识，无法深入下去。而系统科学的观点，可以说是还原论和整体论的辩证统一的观点。这个观点之所以非常重要，是因为不用这样一个观点，可以说任何科学技术都很难向前发展。

这里我举几个例子。第一个例子，就是我们都生活在中国，中国又是世界的中国。那就是说，中国跟世界是有关系的。而中国本身呢？又有29个省、自治区和直辖市，将来还有香港、澳门两个特区。还有台湾省，那就是32个单位了。就北京市来说，还有好多区，西城区、东城区、海淀区等，还有通县、房山等，这又有一

个结构问题；另一方面，中国所在的这个土地上，往下面看几公里是到岩石层，朝上看十多公里有对流层和平流层；从地下几公里，一直到上面十多公里这个层次，都在影响我们的生活。就人来说，中国现在有十亿七，到20世纪末恐怕要超过十二亿了。这么多的人，每个人又不是一样的，是各式各样的，所以，就是研究中国，也是一个很复杂的体系。要有个整体观点。我再说一个例子，近20年来，在动力学里发现了所谓混沌现象，说复杂的系统都会产生混沌。而混沌又是物理学里面的一个非常重要的现象，如果不出现混沌现象，那么很可能在更高层次上我们看到的有序的现象也不会产生。所以混沌跟有序是辩证统一的，也就是说低层次的混沌，可能就是高层次有序的一个必要条件。那么这样一个观点绝不是还原论能够发现的，必须是把还原论跟整体论结合起来的系统科学的观点才能够抓着这个要害。也就是说，在动力学里，近十几年、二十年的发展，要用系统科学这个观点来看，就比较清楚了。还可以举一个物理学上的例子：现在物理学的研究，又从基本粒子，深入到更深的层次，这就是所谓的超弦理论，就是说现在发现的这些基本粒子，实际上都是超弦的某一种状态。那就是说整个宇宙就是超弦的复杂的体系，我跟几位搞这个理论的人说，你们搞理论的物理学家，现在就要学习点系统科学，要不然超弦理论就搞不下去了；要用系统科学的观点来看超弦理论，就抓住了要害。

刚才举的这三个例子都是自然科学方面的。我也可以跟同志们说，我们国家的建设问题，也要用系统学的观点来看。过几天就要开党的十三次代表大会了，赵紫阳代总书记将要在大会上做的报告，最核心的就是社会主义初级阶段的问题。怎样搞社会主义初级阶段的建设？假设从任何一个单位的局部来看这个问题，我认为都是行不通的。而且进一步想，中国并不是孤立的。中国是世界的中国，而世界现在的发展变化，可以说，每小时都不一样的，所以，我想起来，从前毛泽东同志诗词里有两句词，就是“四海翻腾云水怒，五洲震荡风雷激”。今天的世界就是这样，是动荡的、变化的。可以说每个小时都有变化，要研究我们中国在这么一个动荡变化的世界当中如何发展，这个问题要不用系统科学的观点，我想是一定搞不好的。所以我们讨论的这个问题，对于我国社会主义初级阶段的建设有很大关系。今年八月，在中央组织部和中央宣传部等机关合办的科学决策讲习班里，我讲过，所谓科学决策，就是用系统科学的办法。所以，为什么说系统科学重要？刚才讲了这段话，大家看能不能说明这个道理？

什么叫软科学

下面我想讲一点我的理解，怎么系统科学变成软科学了？怎么系统变软了？

软在哪？硬又在哪？对这个问题现在有不少议论，例如安徽省系统工程学会出的《系统工程应用》1987年1期就有一篇侯定丕同志的文章叫《软科学刍议》；但都没有讲清道理。我的理解是：要解决我刚才说的这些问题，特别是联系到社会科学的问题，国家建设的问题，领导决策的问题等等，恐怕就不完全是硬科学能够解决的。就是说死心眼的人，搞这些复杂的问题，是搞不好的。怎么叫活心眼而不死心眼呢？我从前讲过，什么决策呀，领导哇，这些问题，要不要科学？当然要。但是不是科学就够了？我说还不大行，还得有点艺术。所以，几年前有单位办讲习班，原来讲题叫“领导科学”，我说不行，恐怕得加上“领导艺术”。怎么叫艺术呢？艺术是不是唯心主义？是不是胡猜？不是。艺术的含意就是说你要解决这个问题，还要靠很多经验，不成文的经验，没有写到书本上的经验和感受这就叫艺术。我们有个词叫软科学，不是硬的，是软的。“软”是什么呢？就是包括经验，只能定性而不能定量的那一些知识，所以，如果要用系统科学，解决我们国家的经济社会问题，单用硬科学不行，还得有点软的，具体怎么办呢？于景元同志的第二次讲座会提到，就是定性跟定量的结合；就是说要重视科学，但是也要重视经验。这个方法的提出是一项创造，是于景元同志他们的研究所在老经济学家马宾同志指导下搞出来的。比方经济方面的问题，让懂系统科学、系统理论的同志去解决，仅仅这一方面的专家是解决不了的。因为他不了解复杂的经济社会现象，所以他首先要去请教对于这些复杂的经济社会现象有实践经验的专家，他有多年的经验，可以提出他的看法，专家们的看法也不一样：我参加过一次座谈会，听他们的意见。这些专家也很实事求是的，说完他的意见还补一句，说如果按我这个意见去办，也不保险准行。因为他是从经验提出来的，没有定量的分析，他没有定量的工具。当然这不是说专家的意见不重要。应该说他们的意见也是非常的宝贵的，但是不定量。怎么定量？那就得找大量的统计资料。所以解决经济社会问题，离不开统计部门，因为他掌握大量的统计数据，有了专家的定性意见，又有了统计部门的数据，这个时候搞系统科学、系统理论的人，为第三方面，就要设法把前两个方面给的信息捏在一起，形成一个模型；当然这个模型简单了也不行，因为统计数据是各式各样的，对于经济社会问题，一般要用的参数就是上百或者几百个才行，才能描述这个现象。好了，有了模型，就要动硬的了，上计算机算，因为人手没办法算几百个参数。计算机算出的结果，再请原来那两个方面的专家进行评论。这个时候，专家们往往又提出意见了，说，你这个模型大概有点什么毛病，因为你算出来的结果有哪点不合理，也就是与经验定性的感受不相合。以后，系统科学专家们考虑这些意见，修改原来的模型，再算，算的结果再请专家们评议，如果他们认为还有什么不合适的，再改，再算。算的结果再请专家们来评议，一直做到他们都提不出什么意见了，他

们的经验都包括进去了，数据也都用了，那就定案。这就是定量跟定性相结合，硬的和软的相结合，科学的理论跟经验的感受相结合。所以说软科学不是都软，也有点硬，硬的跟软的结合，定性和定量结合。我们系统讲座的第二讲：于景元同志会具体讲这个方面内容。

所以我们的工作确实联系到社会主义建设这么一个大问题，也就是刚才一开始讲的，中国要振兴，软科学，系统科学，软硬结合是非常重要的。今天是北京图书馆新开馆的纪念活动，我觉得意义是很大的。耽误大家一点时间，讲一讲我的感受，不对的地方，请大家批评。

选自钱学森等《论系统工程》（新世纪版），上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

从定性设想到科学推理[①]

从前人认识客观世界的、一个普遍方法，即所谓的科学推理方法，它在科学发展史上曾起过很大作用。但后来人们发现，单靠科学推理也不行。爱因斯坦就很明确地提出，人要认识客观世界，发现科学的新道理，绝不是一个简单的推理过程能够办到的。当大量事实摆在你面前时，你若不认识它，那是一点办法也没有的，你的推理从何做起？所以，他就提出，通过实践认识到的许多事实，在人的大脑里经过加工，要有一个飞跃，这是一个关键。通过这个飞跃要形成一个设想。有了设想以后，怎么来验证你的设想，这就是逻辑推理问题，有点科学知识的人都会做。但是关键的那个部分，即从事实到设想，这个过程是最难的。看了爱因斯坦这段话以后，我想想自己的科学实践，体会到确实如此。当然提出一个设想不一定就是正确的，很可能是错误的。错了就应该承认，然后再琢磨为什么错，这就又会产生另一个设想，然后你再来验证。科学大师也许有那么几次反复就会对了。像我们这样的人不知道要验证多少次才会正确。关键的问题是，从这些事实的方方面面，你如何思考出一个设想，这可能要靠猜，猜是怎么回事？我在1984年就提出，要用形象直感思维来思考问题，而不是单靠逻辑思维。

前段时间在这里听一位医学临床教授李广钧讲课，李教授那天讲，中医有上千年的临床经验，这大量的临床经验，要整理出来，可叫作唯象理论吧。什么是唯象理论？从前我举过一个例子，比如说气体定律，压力乘上体积等于一个常数乘上绝对温度。但是，我想难的地方就是压力、体积和温度这三者是什么关系，通过一个什么结构、什么框架可以把它们联系起来。这种联系就是它们之间的关系。先不讲什么道理，所以是唯象理论。

我想气体定律的结构、框架还比较简单，就这么三个要素，不是加就是乘。门捷列夫的周期表恐怕就难多了，那么多元素，怎么个排法？他悟出一个二维的方法，把元素一个个往里放，放来放去最后放对了。这个二维的问题也还好办。到了医生的临床经验，就不是二维的了。我国古代的医学家，创造出阴阳五行和十二干支，这就是二乘五再乘十二，多少维啊？这么一个框架，正如李广钧所讲，这么多的临床经验基本上都可以放到这个框架上去。但是也有临床经验搁不进去，不合适的，所以他说这个框架要调整。他强调临床经验的重要性，遇到这种情况，不是临

① 钱学森1988年12月27日在系统学讨论班上的发言，收录于钱学森著《创建系统学》一书，山西科学技术出版社2001年11月出版。

床经验不对，而是那个理论框架有问题。所以刚开始学中医的人，把书背得滚瓜烂熟，阴阳五行十二干支都背熟了，但到看病时，遇到具体的病人就不知道怎么办了，不适应了。有经验的名医，他不说太多，但他知道有的地方需要灵活一点，学生跟着他学很长时间才能掌握这个本领。我听了这一点很有启发，就是人在一大堆事实面前，怎么样形成飞跃？实际上是要去找一个合适的框架。怎么找到这个框架呢？这就要看各人的素养水平了。素养高的，水平高的，一下子就找到了。没有这个水平，不知道找多少次也找不到。我们所说的定性定量相结合的方法，就是帮助去找这个框架，而且是从传统的单个人思考问题，变成集体智慧的集中，把定性定量两者结合起来，互相促进去找这个框架，最后得出的模型正确了，也就说明你的框架正确了。这就告诉我们怎么认识定性定量相结合的方法，就是人根据经验，寻找合适的框架，然后用数学验证这个框架，把这一套过程有机地结合在一起。而且人也不限于一个人，是专家集体。这就是定性定量相结合方法的优势。我必须说，这个方法是辩证唯物主义的。我也一再强调定性定量相结合是唯一可行的方法。从哲学高度上来看，它的优越之处就在于辩证唯物主义。

选自《钱学森文集》卷五，第350～352页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

用新的科学理论指导人体科学研究①

我对报告的具体内容没有什么意见，不过我看外国人的那些工作没什么了不起，他们通过气功，改变了什么猫、狗的功能态。其实他们不知道，我们通过严格的实验，证明气功外气可以改变水分子的结构。连无机物的分子结构都改变了，何止什么猫、狗的问题！我们国家的这些实验，报告人是知道的，但是他没有提到，还是重复外国人的话，是不是见了外国人就有点胆怯？

由此想到，在你们这个学术讨论会上，我曾讲过多次，对人体科学，我们要有个新的看法。记得1986年11月10日那天，也是你作学术报告，当时我就讲，用老的方法，单打一的办法研究人体科学不行了，因为人体是一个系统，所以要用系统分析的方法，不然，就如盲人摸象。到1988年4月25日，也是在这样一个讨论会上，这个观点又有发展，我提出，人体是一个开放的复杂巨系统。因为，第一，这个系统与外界有联系、有交换，所以是开放的；第二，系统内包含的子系统成千上万，甚至有亿万人，所以是巨系统；第三，系统内的亿万个子系统的种类很多，子系统间相互作用的规律也不相同，所以，它不是简单的巨系统，而是复杂的巨系统。人体就是这样一个开放的复杂巨系统。此外，社会也是一个开放的复杂巨系统，而且社会中有人，而人是有意识的，人的行为不是简单的条件反射，因此，社会还要加上“特殊”两个字，是开放的特殊复杂巨系统。人脑也够复杂的了，美国IBM公司研究所所长尼称尔·克莱门蒂说：“从一般的系统分析的方法来研究人的思维恐怕不行，因为人脑太复杂了，它几乎等于1012个巨型计算机串一并联起来的功能。”所以人脑也是一个开放的复杂巨系统。地球表面的环境，也可以说是开放的复杂巨系统。

研究人体、社会、人脑和环境这样开放的复杂巨系统问题用什么方法？现在已有的理论方法，至多能处理开放的简单巨系统，如这个会议厅的空气，可以说是开放的简单巨系统，因为分子的数目虽多，但没有几种，分子间相互作用的规律也不复杂，所以是简单的巨系统。又如激光器，也是开放的简单的巨系统。处理开放的简单巨系统，一个比较有效的理论方法是协同学，这是近20年发展起来的一种新理论。因为它在处理简单的巨系统上很成功，有人就把它引伸到处理社会经济问题，结果失败了。至于国内有些人跟着外国跑，人云亦云，甚至提出什么“宇宙全息

① 钱学森1989年9月11日在航天医学工程研究所一次学术报告会上的讲话。

论”，那简直是胡说。

我在这里还讲过，因为人体是一个开放的复杂巨系统，所以研究人体科学不能用老一套的方法。要描述人体，人体的功能状态，恐怕需要几百个参数，抓住一点是不行的。过去中医企图从总体上来描述人体，但是没有现代科学知识，所以只能用什么阴阳、干支这些说法。西医倒是用现代科学的办法，但它是用还原论的方法，对人体进行分析、解剖。先是把人体分为一个一个器官来研究，进一步又分解为细胞，再下一步到分子了。还原论的方法在历史上曾经起过很好的作用，但要照这样分下去，越分越细，论文一篇一篇地写，书一本一本地出，知道的好像很多，但对整个人体是怎么回事，综合起来又说不清楚。这条路子看来是走不通了，为什么？问题就在于它没有把人体看成个开放的复杂巨系统。所以搞人体科学，不能用还原论的方法，也不能用协同学的方法。怎么办？

近几年，航空航天部710所的同志们，在研究社会经济问题时，摸索出一套定性与定量相结合的系统工程方法。这个方法的依据是：第一，实际的统计数据。第二，有实践经验的专家的看法，某一位专家的意见可能是局部的，一得之见，因此，专家们的意见并不一致。第三，用系统的模型将二者综合起来。这个模型可能包括上百个，甚至几百个参数。具体做法是先听取专家意见，制定模型，再把数据放到模型中计算，计算的结果，请专家评审，听取他们的意见，根据专家意见，修改模型，再算，再找专家提意见。经过多次反复，直到专家们满意为止。这不是还原论的方法，是把实际的数据和专家们的意见高度综合起来，进行反复计算和修改的方法。我认为这个方法是有中国特色的，因为在资本主义国家，专家们都代表后台老板的利益，他们的意见是不可调和的，没法综合起来，只有在社会主义中国才能做到这一点；这是说的研究社会经济问题。但是它和我们研究人体，以及人体特异功能有一个相同之处，即都是开放的复杂巨系统。研究这样的问题，不能再用过去那种老办法，那要碰壁的。

今年春天，我在中华全国医学会上，提出医学要革新，要引入人体是一个开放的复杂巨系统的观点。著名医学专家吴阶平同意我的看法。老的中医、西医大夫都有这种经验，即人体是复杂的，决不是教科书讲的方法能解决的。

今天报告人介绍的这些外国人的工作，就没有这个观点，他们用的完全是老一套的方法。例如他们的理论研究有什么根据？他们连现象都没搞清楚，谈得上什么理论？要研究理论，先要从现象入手，这也就是我多次讲的，先要搞唯象学的研究。即使搞唯象学研究，也要有系统的观点，不能是盲人摸象，摸到什么就说是什么。特异功能研究是很复杂的，这样看来，外国人这些实验结果也是很可怀疑的。所以我说，人体是一个开放的复杂巨系统这样一个观点，你们所应该树立起来。因

为你们的研究对象是人体。

今年4月24日，你们这里有人讲“针刺临床奇异现象及人体第三通路假说”，提出个“第三通路”。什么是第三通路？我们知道，第一通路是神经系统，这在解剖学上是证实了；第二通路是所谓的经络系统，经络的作用实验证明是有的，但解剖上又找不到它的存在，那到底有没有经络？我认为，经络不是可以找到的生理系统，而是人体的一种作用，这种作用系统与大脑、神经系统都有联系。所以，经络可以说有，也可以说没有。说有，是指它是人体的一种总体效应；说没有，是指解剖上找不到。什么“第三通路”，以后还可能有人提出第四通路、第五通路，那些东西究竟是什么？都是人体某一个方面的作用。所以什么西医理论、中医理论，还有经络理论、第三通路、……等等，所有这一切加起来，才是人体科学，因此，人体科学是高度综合的。云南省有人给我寄了两本论文，讲气功治病，只讲治好的，不说治不好的。还有什么听严新作报告能治病，治好了几个？也许有治好的，治不好的就不说了。现在的气功师都是这样，你说他是胡说八道，那也不是，但你要真按他们说的那么办，又不见得能治好病。如果这样片面地研究问题，那是很糟糕的。

我们知道，国外搞特异功能研究，100多年了，我看现在搞的这些研究，跟过去也差不多，没有根本的改变，只是花样多了些。都是用科学方法做的，但都没解决问题。为什么？就是对这个问题的观点不对，在这个错误观点指导下，所用的那些单打一的方法也不对，必须用系统的高度综合的方法。这个观点我在这里讲过多次，但是看起来不成功，因为你们过去受的教育，就是还原论那一套，根深蒂固，我讲的你们听不进去。

选自《钱学森文集》卷六，第051～054页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

定性定量是一个辩证过程[1]

关于复杂巨系统问题的处理，我们提出了定性定量相结合的方法。从马克思主义哲学来理解，定性、定量这本来是辩证统一的。我们这儿说的定性与定量相结合的方法，最后是要定量的。就是说，我们在定量的认识过程中要使用大量定性的东西，目的是最后把模型建立起来，定量。当然，假设你解决一个方面的问题，用这个方法；你解决另一个方面的问题，也用这个方法；当你定量解决了很多很多问题，譬如说关于国民经济中的许多问题以后，你有一个概括的提高的认识了，这又是从定量上升到定性了，自然，这个定性应该是更高层次的定性认识了。因此定性和定量的关系，是认识过程的一个描述，循环往复，永远如此。我们在这里研究的定性定量相结合的方法，以前我请朱照宣教授查过文献，外国叫什么Meta—analysis。但我觉得外国人的Meta—analysis的毛病就是机械唯物论。我们的看法是辩证的，从定性到定量，定量又上升到更高层次的定性。所以我觉得照搬他们那个Meta—analysis恐怕不合适。我们的办法是“集腋成裘”嘛！就是把许多好的东西，点滴的东西综合在一起，成为一个大的结构，正确的结构。所以我想要全面描述的话，就是“定性定量相结合的综合集成法”，简称叫“综合集成”，翻成英文倒是可以借用他们那个词Meta—synthesis，是高层次的综合。

但是我感到，从前我们搞的这一套是手工式的方法，就是先收集专家的意见，建模，计算，完了以后再请专家提意见，再来修改模型等等。这个过程都是手工业式的，就是靠人工的。后来我找了搞人工智能、思维科学的中国科学院自动化研究所的戴汝为，他说，这些东西其实就是人工智能、知识工程，现在正在搞。不久前他从美国回来，我们两人又谈了一次，更明确了。他说就是把人工智能、知识工程这套东西用到定性定量相结合的过程中。而我们收集各种知识的范围还可以扩大，除了专家意见之外，从数据库、知识库里都可以收集，这些用人工是不可能做到的，但是用计算机可以，它可以把信息库储存的东西都搜索一遍，一切有用的都把它集成起来。如果这么干，“综合集成法”就更上一层楼了。要做到这一点，那是很了不起的，人认识客观世界就发展到了一个新的阶段。我们有了这么一个方法，比老的个体单干的办法高明多了。这是真正的现代化的方法，把信息技术、计算机、人工智能和知识工程统统用上了。而且我认为，这真正是社会主义的。因为在

① 本文是1989年10月10日在系统学讨论班上的发言。

社会主义国家，我们的目的就是为了认识客观世界，改造客观世界，最后达到为人民谋幸福。但这在资本主义国家是有困难的，因为他们的专家背后都有背景，垄断集团之间的矛盾使他不可能综合集成，这个矛盾他们解决不了。我们既然走到了这一步，那就要继续干下去。我已经问了戴汝为，他愿意来讲一次。关于人工智能、知识工程这套东西他是比较熟悉的。所以我建议下一次请他讲，并请他参加我们的工作，这样我们的方法就再上一层楼了。我看我们是在做一件大事。因为现在很多事都涉及到开放的复杂巨系统这个问题。我们说社会主义建设是一项复杂的系统工程，这里面的问题就多极了。昨天，在政协开会，我又宣传了一遍，我说我学习了江泽民同志的讲话，有一条建议：就是江总书记讲了十个方面的问题，这十个方面怎么协同呢？我们有一个方法能解决这个问题，叫“定性定量相结合的综合集成法”——“系统工程法”。

其实，开放的复杂巨系统还不止这些，我们现在认识到的，比如说，人就是一个开放的复杂巨系统。所以，要解决人的健康问题，光用一种医学方法在许多情况下是不够的，要用“开放的复杂巨系统”这个概念，把中医、西医、中西医结合，什么气功，什么针灸统统综合起来，才能解决问题。人的思维也是这样，以前搞的思维科学，搞什么逻辑思维，形象思维，那都是一个方面的问题。人的思维是高度综合复杂的，因为人脑就是一个开放的复杂巨系统。上一次我也讲过IBM公司的负责人尼科尔·克莱门蒂说过一句话，他讲我看现在搞神经系统模拟不会有什么成就，因为人脑等于10 12个克雷（Cray）巨型计算机并联起来的功能，现在根本做不到。后来我又看到了心理学家说他们现在可难了，因为那种老方法，就是还原论的方法走不下去了，连人做梦这个问题都解决不了……这种情况可以说是众说纷纭。为什么？就是因为对于这么复杂的问题，还原论的方法走不通。所以，人体科学、思维科学一定要用综合集成方法来解决。社会科学的问题刚才讲到经济问题时已经讲了。行为科学也是一个高度复杂的巨系统。军事科学也是这样，简单化不行，现在国际上就是一个和平演变跟反演变的斗争，这么复杂的问题，简单化行吗？总而言之，我觉得我们现在搞的这套东西是非常非常重要的，一定要干下去。我们这个讨论班应该集中在这个题目上，就是开放的复杂巨系统及其方法论上。

还有一个问题，是开放的复杂巨系统里面“混沌”跟“有序”的辩证统一关系。今年以来在美国科学促进会的会刊《科学》上，陆陆续续一共有6篇文章讲混沌，其中5篇文章对混沌是肯定的，认为有混沌出现。这5篇文章一个是讲地质，一个是讲气象，一个是讲生态，一个是讲物种的演化，一个是讲人的生理，都有混沌。只一篇文章是讲量子力学，说找不到混沌。我看这后一篇文章的观点有问题，量子力学的不确定性本身就是混沌嘛！照我的看法，量子力学是由于更下一个层次

的混沌，我叫渺观的混沌，造成量子力学的不确定性。它已经是不确定性了，你怎么还说找不到混沌呢？没有这样的怪事。而我们现在研究的巨系统，非线性的因素几乎是不可避免的，又是巨系统又是相互作用的非线性因素，所以混沌的出现是必然的。有序是以混沌为基础的，低层次的混沌造成高层次的有序，我看这就是混沌和有序的辩证关系。

我从前是搞力学的。在力学中，比如流体，分子运动是混沌的，而更高一层次的平流又是有序的，但这个平流在速度大的时候，又出现混沌，所以是混沌——有序——混沌，这是指在不同的层次。又比如晶体是有序的，但是如果从下一个层次看，你会发现那些原子或电子是跳来跳去的，并不是不动的。所以晶体从更下一个层次看，它又是混沌的，可见有序与混沌是辩证统一的。我觉得我们这个讨论班还要讨论一下混沌与有序的辩证统一关系，这是巨系统里头非常重要的一个部分。

选自钱学森：《创建系统学》（新世纪版），上海交通大学出版社，2007年1月第1版，第99～101页。

关于将知识工程引入系统学的问题[①]

臧汝为同志今天给我们讲知识工程问题，他是这方面的专家。我觉得这是一个很有意义的报告，因为我们要研究的当然是开放的复杂巨系统或者是开放的特殊复杂巨系统，我们以前用的叫定性定量相结合的方法。这个方法的特点，就是把很多很多不同的人的定性认识综合起来，后来我们叫“从定性到定量综合集成法”[②]。那么“综合”的结果是什么？综合的最后结果要达到定量的认识。所以这个过程就是从很多很多定性的认识，经过处理变成定量的，定量跟原来的定性不在同一个水平上，是更高一个层次东西。

我又想，假设这种结果做得很多了，比如说710所他们做的关于社会经济问题，做了很多很多。那就又可以更上升一级，对中国的社会经济有一个更概括的认识，这个概括认识又是定性的了。所以这个过程很清楚，就是从低层次的定性到高一层次的定量，然后定量累计起来成了更高层次的定性。这是人认识过程的不断发展，也就是从前毛泽东同志提出的从感性认识到理性认识的循环往复发展。所以我觉得这个中心思想是合乎马克思主义哲学的。定性和定量是在不同的层次，而且是个辩证的过程，这个思想很重要：国外的学者不能领会这个意思，他们总认为定性是定性，定量是定量，是两个不相干的东西，那是不对的。大概也有人把定性和定量放在同一个锅里煮，放在一个水平上去看，这也不对，也解决不了问题。所以这就是一个定性定量的辩证法。

再有一点是我们怎样把定性定量相结合的综合集成法再推进一步。你把专家们找来了，提了许多意见，然后要综合，这个综合没有什么窍门，就是靠人的脑袋瓜，想办法把专家们的意见综合到数学模型里，上计算机运算。算出来的结果如果不对了，无非下一次专家来了又提意见，再改吧！碰来碰去最后碰对了，就算完成了。当然这里头用了一些科学方法，建模是用了系统学的成果，计算是用计算机，不是人来算，因为你那个模型太复杂了，有几百个参数。当然那些统计数据也是用了计算机做统计工作。但是真正核心的问题，即建模过程就要靠人的智慧。这个工作以前做得不错，请的专家是多少？十几位，二十几位吧。假设这个专家还要扩大，你要广泛地征求意见，我看这个综合就难了，光是几百个专家，有千万条意见摆在那儿，怎么综合？我们国家的一个原则是民主集中制，但是实际上我看这个民

① 本文是钱学森1989年11月7日在系统学讨论班上的发言。

② 据最近看到的录音记录，此引号中的原话为“定性跟定量相结合的综合集成方法”。

主也很有限，因为太复杂了。假设所有的意见都要听的话，怎么个集中法？当然我们相信人民群众，他们最有实践的体会，所以智慧要来源于他们，这是对的。但是，这个过程不好办。人大代表、政协委员也有牢骚，提了那么多意见根本没有反应。因为你那些千头万绪的意见，怎么综合起来？恐怕人大办公厅和政协办公厅的人也没有办法。由此我就想到了一个问题，就是我们这个“定性定量相结合的综合集成法”，要真正做下去，发展下去，繁重的工作不能完全靠人来做。

今天听戴汝为讲的这些内容，给我一个启示，觉得一条可能的出路，是让机器来做人实在累得不得了也没法做的事，即大量的事情让计算机去做，就是他说的知识工程、人工智能这些方法。但是我也要强调指出，不是把整个过程的工作全部交给机器，都交给计算机是没有希望的，还是在人的指挥下来做这个工作。为什么？这个问题我讲过多次了，我不相信计算机能完全代替人脑。所以我说，现在搞的“神经网络”是带引号的，不是真正的神经网络。至少到现在我们还看不到在可以预见的将来，有个机器可以完全代替人的脑袋瓜。其实这也不是我一个人的意见，好多国外做这方面工作的人也说老实话，认为做不到。但是戴汝为今天讲的对我们的工作是有用的，就是把知识工程、人工智能的成就引入到我们这个“定性定量相结合的综合集成法”中，使这个方法可以更大更高地发展。当然了，今天戴汝为同志也讲了，除了专家、群众的意见之外，还有知识库里的那些东西。比如说你研究经济问题，可以把所有的，无论什么样的国内、国外的专家讲的东西都可以吸取。如果我们这样认真做下去的话，就可以做到民主集中制，就是通过集中大家的意见，把人的智慧提炼出来。我从前老说国外的学术讨论讲民主，那也就是30人—50人在一起讨论嘛，有限得很，还有很多你没接触到的呢？所以我觉得，今天讲的内容对我们这个方法的发展是非常重要的，甚至对社会主义建设都是非常重要的。我们党和国家有时犯错误，有失误，问题出在什么地方？一个很重要的原因就是不能全面地考虑问题。有的时候也没法做到全面，总理听了那么多意见，他也没有一套现代化的手段，怎么集中？

至于从学术上讲，实际上我们这儿研究的定性定量相结合的综合集成法，本质上它是科学和经验的结合。如果要真正达到科学化，那要在这个“法”用了多少年以后，我们又悟到了什么大道理，才能再升华出理论，现在还只是个方法而已。我们想借用的也是人工智能、知识工程，那是思维科学里的方法，一个学科借用另外一个学科的方法是很普遍的。现在研究社会科学要用自然科学的方法，我这里讲的是搞系统科学的人跟搞思维科学的人在方法论上结合一下，有好处。

最后我要讲一讲，假设这个方法发展了，有成果了，实际上是思维科学里面的社会思维学。这就是说，我们可能有了一个方法去探索集体思维、社会思维是什

么。前几年我讲过，思维科学要重点抓形象思维，但无什么进展。现在看，社会思维倒可能有点希望，如果社会思维的研究有了进展，对搞形象思维也许有一些引导作用。所以我刚才说要让搞系统科学的人跟搞思维科学的人结合起来突破。定性定量相结合的综合集成法，不但在系统科学里是大事，在思维科学里也是个大事。我觉得这个问题很重要，今天把我的想法全面地说一说。

选自钱学森著《创建系统学》（新世纪版），第102～104页，上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

要认识到Meta-analysis方法的不足[①]

钱学森：今天我们很感谢王翎同志，来给我们介绍了一下，大家可以知道一点这个内容，大家看看怎么样啊，这个东西。

（孙凯飞：从上次和这次介绍的来看，我觉得他们已经看出了一些社科界的毛病，用过去的方法不行，这是我对这个问题的看法。另外一点，他在探索、解决这样的复杂社会问题，需要用跟过去不同的方法。这个方法，从他讲的这个来看，他已经意识到了需要什么多因子、多数量、多层次、多种关系、多种专家的意见结合起来，归纳起来，还要从统计的角度去看。实际上，就是从更高的层次看，从这些介绍来看，它的思路对我们有启发。从他介绍的具体情况来看，因为基本手段还是原来的一些，只不过复杂一点，怎样把这个方案拿起来，各方面都考虑到，各个不同专家意见，各个不同层次专家的分析、各种关系、各种因素，我都给你考虑到，但是他最后的综合还是很简单的相加。这里面我琢磨，钱老上次提过的问题，咱们的定性定量相结合的综合集成的观点，这个名词，与这个统计数据理论，跟原来的考虑不一样。）

（于景元：内涵也不一样。）

（孙凯飞：王翎报告，上次讲到，跟系统科学的发展，需要相应刺激经济上的突破。他和我们的关系是什么意思，这里面我同意这么一点，我总有一种朦朦胧胧的感觉，随着系统科学的发展，恐怕我们需要一种相应的技术，来满足系统科学的运算和综合的需要。在系统科学里面，每一个量都不一样，你用微积分不行，我不大懂数学，我就简单的想。就因为是社会的问题，我既不能单用原来的数学定量方法，又不能单用原来的统计概率论的方法，我要找到两个兼备的一种方法。比方说，现在的问题是数学理论还没有弄清。我不是数学家，我就是从一个外行的身份，朦朦胧胧的想法就是这样。现在看起来，从我们系统学的研究班可以看出来，我们的认识比他要深入，比他的处理方法，还要严密，考虑得更为妥当一些。）

（于景元：这个meta的原意是高一层次的，大百科全书是这么说的，英文字典上，钱老刚才已经解释，不说了。现在我们也讨论啊，从它的原意看来，一个是涉及作者原来所在的领域和关系的影响。刚才那个同志谈了，就是说抽样，就是统一

---

① 系统学讨论班1989年12月5日在王翎报告“meta-analysis”后的发言。《创建系统学》2001年版题为“一个科学新领域”，《创建系统学》2007年新世纪版题为“深化对开放的复杂巨系统的认识”，内容都是根据本文所载钱学森最后发言加工整理而成。——编者注。

抽样，同一母体的抽样，现在它遇到的问题，不仅不同母体，而且甚至不同领域。不同领域、不同学科的知识综合。如果用系统观点看，就是子系统，从子系统的知识来推断，再上一个层次的性质，高层次的综合，会有新性质。meta好像有这个意思，但是他现在的方法就是简单的统计方法，还没给出统一的办法。不同母体没有办法给出来，同一母体就没有这个问题，想用简单回归来解决这样的问题是不行的，所以我们讲它不行。综合集成是定性定量相结合的综合集成，第一，它由不同的学科，不同的领域，进行综合集成。集成以后，上一个层次，产生了新的结论，提出新的理论。这里头有定性，包括专家的意见，也有定量，包括模型，也包括知识工程、人工智能。这些手段往上个层次进行的时候，都使用了定性定量的手段和方法。这样来比较的话，mata要是从他们的描述来看，仅仅还是一种很简单的方法。今天，王翎同志谈的也是这个意思，大体上我看，也就是这样，朱教授，你再补充补充。）

（朱照宣：王翎同志那天在小讨论班上介绍了一下，当时我想起LB方法，LB方法是围绕某一个问题，专家们投票，投票以后得到一个结论，然后再投票，再得到一个结论。我说在这一点上面，meta分析还不如LB，LB来了以后，专家们将一个个意见投下来以后，将产生另外一个提纲，又发下去，再发下去实际上就体现了甲跟乙互相之间，相互起作用了，相互作用或者叫做耦合吧，相互作用是非线性的。现在meta分析是从下面提炼出来，提炼到上面一级的，上面一层没有再往下面去。在这一点上面，钱老不提meta-analysis，钱老提的是meta-synthesis。meta-synthesis就是在上一层面加以综合，要综合的话，就需要从下面来，来了以后，从上面再下去，下去以后再上去，这样有几个上下两个不同层次结合的。老孙提的那个，说明他的确是看到问题了。）

（于景元：上一次钱老给我们介绍《科学》杂志上的那篇文章，一个是诺贝尔奖获得者阿罗（K. J. Arrow），是斯坦福大学一个非常出名的经济学教授，还有一个安德森（P. W. Anderson），是个物理学家，两个人都是得奖的。他们两个结婚了，合作了，交叉研究嘛。最后他有一段话，就是钱老您说的，他们仅仅是确定了一个科学的日程，得看下一个世纪。钱老信任我们，也是鼓舞我们，咱们还是找到了日程。）

（朱照宣：安德森原来就是搞自旋玻璃的。那天我们有一个小讨论班，为什么钱老要拿这个文章，自旋玻璃这个文章，他与我们讨论班什么关系，姜璐同志提出了一些观点，对我们很有启发，就是在不同的问题里面发生一些矛盾的意见，在上一层次怎么提炼？比如在下一层次可以得到很多、很多局部的结论。这些结论往往是不太一致的，在统计物理里面，在自旋玻璃里称之为frustration（窘组），比

如有三个人，我跟你们两个人都做朋友，但是你们两个人是死对头，结果我得罪了你，就不得罪他，实际上是一种矛盾理解。在meta-analysis里面，他下面来的所谓研究结果，往往有不同的意见，上一层同时要想得到一些比较概括的结论，这是综合的，他们也在想这个问题。自旋玻璃也好，meta-analysis也好，都缺乏了一个东西，就是从上一层怎么指导下一层，从上一层反过来讲，都缺乏这些。meta-synthesis就有这一层的意思。）

（于景元：或者是相互反馈。）

（朱照宣：从系统学角度来看，这一点就有它的缺点。有关自旋玻璃，我们下一次二月份再来专门报告这个事情。因为自旋玻璃原来是统计物理里面的，下一步就在搞神经网络，而且人工神经网络最早的思想都是从自旋玻璃来的，现在又把自旋玻璃用在经济里面，这就是一层一层地向前推进。这正好就是钱老讲的，所应用的系统一步步复杂，在往那边推，但是忽略了一个根本。上一次王翎要报告meta分析，我们就议出这一点来，我们集体讨论出来了，那天姜璐谈的时候，我们就谈出来了。）

（于景元：下次姜璐报告那个自旋玻璃，包括下次的混沌。）

（郑应平：我觉得这几次，大家整天在想的就是定性定量相结合，到底怎么来实现，用什么样的工具，在什么样的观点指导下，特别是对定量这个东西，各种各样的工具用起来要小心。我觉得定量的东西，到最后，不管多么高明，到最后就是加减乘除，在计算机里干，就是这些东西，我不在乎工具本身土不土洋不洋，关键是能不能跟定性的结合得好。如果说像国外搞的很多工具，没有看到系统的观念，复杂的层次，没有把这些东西搞清楚，就很容易钻牛角尖。我想，因为我们以前是搞技术科学的，比较习惯定量的东西，我觉得这一点是特别应该注意的。）

（孙凯飞：刚刚有一句话讲得好，上一层次是下一层次的综合，这个综合概括是很好的。上一层次是下一层次的综合，这个中间的综合过程没有提。这里边我联想钱老上次讲了，定量、定性，再增高层次，定量、定性，之后再增高层次。后来我还问是不是三个层次的定性定量相结合，再高一个层次是定性、定量，然后再高一个层次，一步步上去。加上钱老再上次讲到的运用知识工程，把社会思维概括结合起来，这个实际上也解决了问题，把社会思维怎么综合归纳起来。如果把这些凑在一起，当然不是简单的凑了，怎么想办法把他们凑在一起，这个方法就是比较完善的了。）

钱学森：我没有什么讲的，刚才好几位同志都对这个问题讲了，刚才我问了一下，咱们中国是不是也有人在用meta-analysis这个方法。因为中国有这么一个习惯，外国人一吹的东西，咱们就跟着干。咱们为了避免使我们中国的一些同志上

当，别让他们上当我想王翎同志可以写一篇评论meta-analysis的文章。介绍他们做了一些什么工作，然后从我们的讨论班里头大家刚才这些发言，还有你自己，你也是讲了它不足的地方，综合起来给它一个评价。我觉得这样一个工作还是很值得做的，使得我们的同志不要上当。你写出来以后，也可以拿到你们小讨论班上去征求意见，然后改一改，我想这个工作还是很值得做的。那么，我们的观点就像刚才好几位讲的了。我们在这个讨论班上，这几年来，得益于马老开创的工作了，然后逐步的深化，我们现在头脑当中有这么一个非常清楚的概念，就是开放的复杂巨系统。对于这个概念，我们最近三个人写了一篇东西，今天这个清样已经来了，大概明年第一期的《自然》杂志上会发表。我们抓住了这个概念是非常重要的，所以我们那个文章叫“一个科学的新领域”，就是说我们在创造一门新的科学。什么叫做新，新就是说我们发现了有这么一套东西，这就是开放的复杂巨系统，而它联系到的对象是什么呢，是社会、人、人体、人的大脑、人的思维，还有我们所存在的环境，都是开放的复杂巨系统。我们这几年的工作说明，就是开放的复杂巨系统不能够用老一套，我们习惯的办法，那个走不通的，从前所谓的科学方法就是老一套。这老一套的科学方法，用到开放的复杂巨系统是不行的，但是开放复杂巨系统又包括了这么重要的研究对象，所以我们走到这条路来是很重要的一个步骤，所以我们写了一篇文章宣传这个东西。

我们这是一个很重要的一个方向、一个开始。我们自己要加深认识，评论别人的东西也是加深认识，你也得认清他的弱点在什么地方，这也是加深我们自己的认识。我们最后说meta-analysis不行呀，不行也有功劳，它使我们认识了正确的东西，认识得更清楚了。所以你刚才说的这些，我们也感谢外国科学家，他们犯错误对我们也有好处。

我是这么一个认识，至于meta-analysis本身，我觉得，确实是头脑简单，是蛮干，他并不认识这个对象，蛮干。蛮干因为你的对象是糊涂的，你没认识了，硬来了，就是统计。统计变成万能了，结果那叫胡统计，解决不了问题的。而我们用的这个方法，定性定量相结合的综合分析方法，就是在混乱当中要把它清理出来，就是这么一个工作。所以，我觉得王翎同志今天给我们介绍的东西还是有用的，你好好写一篇东西，将来在小讨论班，大家再征求征求意见，我看发表很有好处的。

选自《钱学森科学技术思想研究丛书》：姜璐编《钱学森论系统科学（讲话篇）》，第22～24页，北京，科学出版社，2011年12月第1版。

定性定量相结合的综合集成法是马克思主义的方法，也是我们中国人发明的方法[①]

钱学森：真正的国家级的系统工程我们没有搞成，不成功。1986年春天，我曾经上书给中央领导同志，提出来要搞国家这一级的系统工程，中央领导同志把这封信就批给马洪同志，后来没有搞成。到今年8月7号，中央领导接见我的时候，他们都提到了系统工程的重要性，今天又接见我，所以我很兴奋，我认为很有希望了。

今天我讲几个问题。第一个就是观点和方法的问题。这是很重要的，因为观点跟方法是有决定意义的，所以我先讲讲这个问题。我们这几年来一直在探讨系统科学的基础科学——系统学的问题，我们认为社会是一个开放的复杂巨系统，怎么叫巨系统？这就是说，组成这个系统的成员是上千、上亿、上几十亿，这样的一个大系统，所以叫做巨系统，还不能说它叫大了，大还不够。再一个，这个系统是开放的，它不是封闭的，那么我们这个社会，当然了，也是开放的，首先对自然是开放的，有太阳光，我们地球也辐射出去，等等。对于世界的其他地区，当然，现在也是开放的。复杂是说什么？是说这个巨系统的组成部分，种类非常非常多，不是几种、十几种，而是上千、上万。所以我们叫开放的复杂的巨系统。而且我们又加了两个字，认为社会系统它是特殊复杂，为什么特殊复杂呢？因为社会系统里头最主要的组成成分是人。人是有思维的，人的行为不都是条件反射，有输入就有一定输出。人要经过思维，考虑问题，然后作出判断，所以他的反应和行为是多样的，叫特殊复杂的巨系统，开放的特殊复杂巨系统。这是我们对于社会，最近慢慢形成的一个认识，这个名字太长了，叫开放的特殊复杂巨系统，所以干脆就叫它社会系统。这个社会系统，我们也得有一个对于我们所处的这个世界，国家的地理环境有这个认识。现在小平同志也常说大环境怎么样。

那么社会系统，我们认为有三个侧面。一个侧面是社会主义物质文明建设这个侧面，或者叫经济的社会系统这个侧面。还有一个侧面，就是跟社会主义精神文明建设这个角度来看，实际上就是意识的社会系统。那么除了物质文明建设和精神文

① "钱学森1989年12月29日在系统学讨论班上的发言。" 这是姜璐编《钱学森论系统科学（讲话篇）》加的题注。《创建系统学》2001年版题为"关于观念和方法问题"，与此文内容基本相同，文字略有差异；没有题注。《创建系统学》2007年新世纪版照录2001年版此文，加的题注为"本文是1987年12月29日在系统学讨论班上的发言。"月日和内容与姜注一致，但年份不同。特注明备考。——编者注。

明建设之外，我们党中央的文件还有一个概念，就是社会主义民主与法治的建设，这个我们认为就是政治的社会系统。所以是三个侧面，经济的、政治的、意识的三个侧面。要研究这么一个复杂的社会系统，我们认为过去有许多许多所谓的理论、方法，这些方法恐怕都不行，最老的嘛，所谓数量经济学，后来又从这儿演化出来什么，现在还在用的所谓回归法了，用它来推测了，但是这些不能用，因为太简化了。

近十年来，又是外国人搞，还得诺贝尔奖金了。所谓耗散结构理论，所谓协同学的理论，这两位大师，一个是比利时的普利高津（LPrigogine），一个是西德的哈肯（H. Haken）。他们都来我们国家讲过学，所以也很轰动。他们的这些理论还是太简单，因为他们这些理论用的参数的数目大概是十来个。整个社会系统就十来个参数，这个不能够代表社会系统里面的复杂性，是不行的。还有，美国的所谓系统动力学，这是麻省理工学院的教授福雷斯特（J. W. Forrester）搞的。福雷斯特自己倒还是比较客观谦虚的，他在写系统动力学的一本书上，他的序言里头说到底行不行，还得看。但是，他有中国学生，这个中国学生回来可是把他这个系统动力学吹上了天了。实际上也是太简单，因为系统动力学里头用的参数也是那么十来个参数。所以耗散结构、协同学、系统动力学，这些比较现代点的理论，他们用十来个参数就想把整个特殊复杂的巨系统——社会系统里面的问题解决，要简化到那样一个程度，这是不可能的，硬要简化，那当然就是主观性太强了，也就是说，有点唯心主义了，所以是不行的。我们看了这些东西以后，觉得还是要用马克思主义来指导我们的工作，我们要实事求是，不能像他们那样。实际上，我也不是说耗散结构、协同学、系统动力学一点用处也没有，他们在简单的巨系统里面是可以的，复杂的巨系统不行。哈肯把他的理论用在物理学的激光器上，那是很成功的，因为激光器里面的参数很简单，就那么几个。比利时的普利高津把他的这些理论用到物理、化学的现象，那也是很成功的，但是那些都是简单的巨系统，不是复杂的巨系统，不是社会系统。

那么社会系统怎么办，这个问题大概从1985年起，今天在座的马宾同志，就领导于景元他们，接受了计委下达的任务，他们急的没办法，所以逼出一个办法来，这就是当时叫定性与定量相结合的办法，说起来就是实事求是。就是那个时候吧，把这个任务给于景元他们了，于景元他们原来是搞导弹控制的，对经济问题一窍不通。一窍不通也有好处、那就实事求是，他们就把经济界专家，有关问题的专家，那时候是搞粮油倒挂吧。把专家请来，请专家讲他们对这个问题是什么看法，专家讲的不完全一样，有的强调这个方面，有的强调那个方面。他们听了专家的意见，就试着制定一个数学模型。这个数学模型因为要包括所有专家的意见，所以是比较

复杂的，那时候我记得他们头一次用了快200个参数。然后要定量的算，这就需要具体的统计数据，那个时候因为得到计委的支持，所以他们到各统计部门要资料，他们还是给了资料。根据收集到的这些实际的统计资料，然后根据这个模型去计算，这个计算也很复杂，所以都是用的大概每秒100万次的计算机来算吧。算了以后，到底这个模型对不对，还是没有底的。所以又把专家请来，对计算的结果请专家评审。这个时候，专家可能又提意见了，说是我看你什么地方太多了一点，或者太少了一点，高了一点，低了一点，又提了意见。然后再根据专家提的意见，来修改这个模型，修改了模型再算，算了以后，再请专家来评审，这么搞几次，搞到最后，专家说我看差不多了，我也提不出什么意见了。好，这就算结果，模型就这样定的。所以，这个模型呢，就是说，以前是没有什么主见的，都是很客观的，就是把专家都请来，听专家的意见。每一个专家的意见有的时候也不是定量的，他觉得，感到是应该这样，感到是应该那样。但是，因为很多专家的意见，他的感受，他的经验，用一个数学的模型把它综合起来了，综合的结果就变成定量的了，所以定性跟定量相结合，最后是定量的。

最近我们也想，原来前几年我也问马老，我们诌了一个名字，叫定性定量相结合的方法，最近这阵子我们觉得这个名字还不太好，所以就想叫它定性定量相结合的综合集成方法。专家们的意见都是点点滴滴的，中国有一句老话嘛，叫集腋成裘，综合集成就是我们最后要把这个裘搞出来。但是，我们就是靠大家的意见，点滴的意见，汇总变成一个完整的东西。我们认为这个方法是马克思主义的，因为我们没有把主观的见解硬塞进去。我们是实事求是的，而且还有一条，假设与实践的结果不一致，我们又发现那个模型需要修改，我们就修改，所以是马克思主义的，是辩证唯物主义的。

第二呢，这也是社会主义的。因为我在资本主义国家也生活过，资本主义特别是关于政策，经济政策这方面，每个专家都是有后台的，都有背景，他都为他的后台老板说话。所以在那种情况下，你没有法子把大家的意见汇总，汇不了总，它有矛盾，而且这个矛盾不能放在桌面上说的，像美国的专家，大概都是这样子一种专家。我们当然不一样，我们的专家只有一条——为人民服务，为建设社会主义，所以我们的专家尽管有不同的意见、不同的看法、不同的经验，最后是能够汇总的，这个方法是社会主义的。我在中国科协工作，不久以前，有个民主德国的代表团来，那天他们大使也去了，我说我们这个方法，给他宣传这个方法，我说这是社会主义的。那个代表团长还说了，我们德国人还有一个哈肯，我说哈肯不行，哈肯不是马克思主义者，旁边坐着的大使很赞同，说哈肯不是马克思主义者，所以这个大概也是对的，是社会主义的方法。最后当然这也是中国的，中国人的方法。我老是

一提这个就想起马老，这是马老创造的，我们都是根据马老的建议做点工作而已。所以我们最近想到、认识到这样一点，我们确实感到很兴奋，这是我们社会主义中国的一个发明。

我们现在还想进一步，因为原来在综合集成的过程当中，我们除了用电子计算机做运算之外，如何把专家的意见输入到这个模型里头，这个过程是靠人的，就是于景元他们了。在马老的指点下，他们做这个工作，还是手工业的。最近我们又想到，我们可以用现在的人工智能跟知识工程，这在外国也是热门的东西，来代替人做一部分这样的所谓决策问题。最近我们也找了做这方面工作的同志，在我们国家做这方面工作的同志，做的还不错的，就是中国科学院自动化研究所的戴汝为研究员和他领导的班子。他也很积极，他说愿意加入参加这个工作，因为他们搞了毕竟有十来年了。所以，原来马老提出来的方法，我们经过现在五六年的实践，觉得还可以进一步的发展。我们认为这一条道路走下去，不但是专家的意见，群众的各种意见，以至于民主议政的这些意见，还有点滴在资料库里、信息库里面的东西，那是多了，那恐怕是千千万万了，都可以把它综合集成。从前刚一到政协我就发现政协委员牢骚挺多的，他说我提的这个建议就没影了；有回答，回答得客客气气的，但是不解决问题。后来我就跟他们解释，我说你别怪党和国家对你的建议没有马上采纳，我说你这个建议是有道理的，但是你看了某一个地方，某一件事情，某一个小的局部，你看了，应该这样。拿到国家去，要放到国家的大系统里头，到底你这个建议怎么样？我说，看你这个建议的人，他拿不准了，因为它复杂的很，照你这个做了，反应如何？又反映到其他问题如何？这是一系列的事情，复杂的很，所以我说，问题是复杂的，没闹清楚，那党和国家怎么下决心呢？很难下决心。

所以接着我就联系到这个问题，我们现在有这个认识。我觉得我们有希望，因为我们发现了这个方法，如果做下去，我看真正的可以实现我们党多少年来一直讲的民主集中制，真正可以实现。在我们社会主义国家，虽然我们有11亿人口，我们可以做民主集中制，真正做到。什么方法呢？就是刚才说的，综合集成的方法。一旦要用电子计算机、人工智能、知识工程，都用上去了，那我就不怕，千头万绪的事我都可以干，所以我先讲这么一点，一个认识问题、观点问题。

第二点，我想国家要真用这个方法来做的话，恐怕不光是建一个班子，一个单位来搞这个东西。我觉得首先一个最高层次的，叫总体设计部吧，这个是党中央的总体设计部，这是最高层次的、最全面的、最综合的，要对整个国家的事物，社会主义建设的事物来考虑，要有这么一个班子。第二个班子应该是国务院的一个班子，国务院的这个班子恐怕主要是考虑国务院的任务，也就是重点在国民经济建设，当然包括国防了，而且重点恐怕是近期的，因为这个班子要解决的问题，就是

在我们所谓有控制的商品经济体制下，怎么样来控制、调节，这个是日常的东西。所以第二个是这样的一个国务院的，主要是国民经济方面总体设计部，而且是考虑近期的，主要是这个。我也曾经给全国人大常委会的领导同志写过信，我也建议过，我说我就不明白，你人大要开会，要审议国务院总理提出来的五年计划，你凭什么审的，你怎么审的。我说要审议的话，人大就应该有一个以国民经济为重点的中长期计划的一个总体设计部，然后根据中长期的计划，你来审议五年计划，那就有道理了，现在中长期你也不搞，你怎么审议？这是第三个总体设计部。第四个现在我觉得非常重要，就是精神文明建设的总体设计部，这个当然涉及国家教委、国家科委、国防科工委、文化部、中宣部了。这个问题恐怕我们过去太忽视了，这个我不多说了，很需要的，所以应该有一个精神文明建设的总体设计部。第五个就是思想战线的一个总体设计部。

选自《钱学森科学技术思想研究丛书》：姜璐编《钱学森论系统科学（讲话篇）》，第22～24页，北京，科学出版社，2011年12月第1版。

关于科学技术及方法论问题[①]

我认为，现在我们说科学技术，应该指的是一个庞大的体系，而不仅仅是指自然科学技术。同样重要的，还有社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、军事科学、行为科学、地理科学，一共是10个大部门。除文艺理论外，每个部门从纵向上又分3个层次，即基础科学、技术科学和工程技术。每门科学技术都有一个哲学概括，我称之为通往马克思主义哲学的桥梁，如自然科学的桥梁是自然辩证法，社会科学的桥梁是历史唯物主义等等。最高层次的概括是马克思主义哲学。这就是现代科学技术的体系。这个体系不是封闭的、孤立的，而是开放的。我所说的“开放”，是指在这个体系的外围，还有许多不能称之谓“科学”的东西，如人类在改造自然和改造社会活动中积累的大量经验、体会，甚至资本主义社会中，一些不以马克思主义为指导的“学问”等等，这些东西不一定完全错，可能有一得之见。因此，我们要不断从外围吸取有用的东西，来丰富和发展这个体系，今后还有可能出现第11、第12个科学部门。我们常说要发展马克思主义，怎么发展？我看就是要从这10个大部门中提取养料，来发展和深化马克思主义。

前几年，社会上有些人，热衷于研究西方的马克思主义，似乎只有从西方的马克思主义研究中，才能发展马克思主义，这是非常错误的。

最近看了一些东西，使我联想到，16、17世纪的第一次文艺复兴运动，那是从天文学开始的，哥白尼、开普勒、伽利略、牛顿、笛卡尔等做出了重大贡献。他们有一个共同点，即把主观的东西排斥在外，把客观事物加以分解，然后进行实验观察，再把实验结果提炼成理论，对事物进行描述。这种思想是唯物主义的，这种方法在哲学上叫还原论。它推动了当时科学和社会的发展，形成了历史上第一次文艺复兴运动。但是，随着科学技术的发展，对事物的观察和研究越来越深入，因而越分越细，反过来，又忽视了各部分之间的相互关联和作用。此外，他们把主观完全排除在外，也是不对的，爱因斯坦就曾指出这一点。实际上，主、客观是有相互作用的。所以，过去那套办法，最终发展成机械唯物论。

这种科学思想和方法论上的问题，在过去似乎还不太明显，但现在就不大行得通了。把那套方法用到社会科学研究上问题就更大了。这几年我读了一些资本主

---

① 中国科协的高镇宁、高潮、刘恕、李宝恒、曹令中、鲍亦珊等同志和国防科工委朱光亚、叶正大、聂力、陈能宽、屠善澄、王寿云等同志分别于1990年1月23日和24日到301医院看望钱学森，钱学森谈了他在住院期间思考的一些问题。

义国家经济学方面的书，他们一会儿这么讲，一会儿那么讲，光是美国经济学界就有十多个学派。今天这一派占上风，明天那一派占上风，变得很快。所以，资本主义的社会科学是不行的，把老的一套科学方法搬过来解决不了问题。怎么办？新的科学方法是什么？我想，那就是我多次讲的，从定性到定量的综合集成法，这是目前我们研究处理像社会这样一种开放的特殊复杂巨系统的唯一有效的方法。这个方法的具体内容是：通过一些模型，把人类对这么一个复杂系统的点滴的、不完全的、模糊的、定性的认识综合起来；这样的模型必须满足一个重要要求，就是要有可以测量的参数。对于社会这样特殊复杂的巨系统，参数可能很多，也许有二百、三百、四百个……。模型计算的结果要请有关专家评审，他们认为什么地方不合理，根据他们的意见再修改，再计算，再请他们评审，直到大家认为基本满意为止。这个方法航空航天工业部710所的同志已实践了几年，效果不错，我们还要继续发展。假设专家不止二三十人，而是广大群众，他们的意见书怎么综合？人工智能、信息技术那一套就可利用了，利用电子信息技术来研究开放的特殊复杂的巨系统。这是中国人的一个伟大创造，是科学研究方法的重要突破。民主集中制过去很难做到，我们现在有了一个科学的方法手段，就比较容易做到了。这也为社会科学研究找到一种更精确可靠的解决办法。请想一想，培根、牛顿他们搞起的文艺复兴，创造了资产阶级的文明。我们现在有了新的发现，有人说，我们这个方法，是新时代的微积分。我想只要我们真正运用这个方法，科学地解决社会经济这样的复杂问题，并通过实践，进一步深化和发展这个方法，解决运用这个方法过程中的各种具体问题，我们将有可能掀起一次新的文艺复兴，吹响新的文艺复兴的号角。我刚刚说的10门科学技术，可以用这种新的方法研究，我看是大有希望的。

选自《钱学森文集》卷六，第097～099页，北京，国防工业出版社，2012年1月第1版。

对人体科学研究的几点认识①

今天，人体科学学会首届理事会召开第四次会议，同时，我们的会刊《中国人体科学》也创刊了，可以说我们中国人体科学学会迈入了一个新的工作阶段。工作要进入新阶段了，我们的思想认识也要跟上，不能还停留在前几年与那帮反对者打硬仗的阶段，我们现在要打的另一场硬仗是，建设人体科学的科学研究。对这个大题目，陈信同志在《中国人体科学》创刊号上发表了一篇文章：《人体是个开放的复杂巨系统的概念及方法论》②。现在，我就用人体是个开放的复杂巨系统这一观点，谈谈我对人体科学和人体科学学会工作的认识，不对的请同志们批评指正。

一、什么是人体科学

1983年我在《自然杂志》上有《关于思维科学》一文③，其中讲到人体科学的轮廓，但还没有提到人体特异功能问题。当时我的主要认识是，医学已有几千年的历史，有丰富的实践经验；现代生理学、西医学等，也有200年的历史了，这是主要的。当时我强调了人的意识的作用，这是人和一般生物的区别。因此，人体科学要区别于一般的生命科学。我们又联想到中国几千年的古老医学——中医学。这使我们认识到，过去在书本上学到的关于人的概念不够用了，从而终于认识到，人体是一个开放的复杂巨系统。关于这个问题，在《中国人体科学》创刊号上陈信同志的文章，还有以“中国人体科学学会”署名的文章：《人体科学——当代科学突破的重要前沿》④中都讲得很清楚。

我在1983年那篇文章中曾经指出，人体科学是现代科学技术体系中的一个大部门，它平行于自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、军事科学、行为科学、地理科学，再加上文艺理论等。每个大部门都有3个层次：基础学科、技术学科和应用技术；当然，文艺理论有点特别，因为文艺理论的实践是文艺创作不是科学，而是艺术。以上9个部门加上人体科学，总共10大部，构成了现代科学

① 钱学森1990年6月28日在中国人体科学学会首届理事会第四次会议上的发言，刊载于《中国人体科学学会通讯》（增刊）1990年8月25日第2期。

② 陈信．人体是个开放的复杂巨系统的概念及方法论[J]．中国人体科学，1990，1：11—2.

③ 钱学森．关于思维科学[J]．自然杂志，1983，6（8）：563—567、572.

④ 中国人体科学学会．人体科学——当代科学突破的重要前沿[J]．中国人体科学，1990，1：6—10、31.

技术体系。每个部门都有一个哲学概括：自然科学的哲学概括是自然辩证法；社会科学的哲学概括是历史唯物主义；文艺理论的哲学概括是美学；人体科学的哲学概括是人天观等等。最后汇总到马克思主义哲学。而马克思主义哲学又通过各个部门的哲学概括，来指导科学技术的发展[①]。在人体科学这个大部门中，马克思主义哲学就是通过人天观来指导人体科学研究，而人体科学研究的成果，又通过人天观来发展马克思主义哲学。

人体科学的概念虽然在1983年就有了，但对人体从整体上进一步的认识，我当时还是很肤浅的。只知道很复杂，怎么复杂，就不清楚了。从1988年开始，我们在系统学讨论班中逐渐发现，人体作为一个系统，不是一般系统的概念：首先，它是一个开放的系统，也就是说，这个系统与外界是有交往的，比如，通过呼吸、饮食、排泄等，进行物质交往；通过视觉、听觉、味觉、嗅觉、触觉等进行信息交往。此外，人体是由亿万个分子组成的，所以它不是一个小系统，也不是一个大系统，而是比大系统还大的巨系统。这个巨系统的组成部分又是各不相同的，它们之间的相互作用也是异常复杂的。所以是复杂的巨系统。有的巨系统，如这个会堂的空气，也是由亿万个气体分子组成的，是巨系统，但分子的种类并不多，分子间的相互作用也不复杂，所以是简单的巨系统。对于开放的简单巨系统，可以构筑一个理论，如普里高津（I. Prigogine），哈肯（H. Haken）等的理论来处理，很成功，所以他们得了诺贝尔奖。但是，用他们的理论来处理开放的复杂巨系统，如人体，社会等，是不成功的。前一阵，一些搞社会科学的“精英”们所鼓吹的那些从外国输入的经济理论，其荒谬之处也在于此。

所以，要研究像人体这样的开放复杂巨系统，必须走另外一条路，就是这些年来，我们在系统学讨论班上形成的一种方法，叫“从定性到定量的综合集成法”[②]，具体地说，就是把大家的点滴的、定性的、不全面的意见综合起来，形成数学模型，输入边界条件，进行定量计算，最后得出结论。实际上，这也是我们过去常说的“民主集中制”的现代化处理方法，即把各种意见集中起来，变成一个完整的定量的结论。我们党民主集中制的原则是正确的，但过去在运用这个原则时也犯过错误，错就错在集中时，没能集中正确的意见。为什么会这样呢？因为没有一个科学的方法来实现集中。全国人大、全国政协开会，代表们和委员们提出了许多意见，有许多提案，最后怎么集中的？实际上没有一个很好的方法来集中，那怎么

① 钱学森，刘佑成、黄克剑. 关于《“实践与文化——哲学与文化”研究提纲》的通信（三则）[J]. 哲学研究，1989，4：54–57.

② 钱学森，于景元，戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志，1990，13（1）：3—10.

做到科学决策？所以开放复杂巨系统概念的形成和从定性到定量综合集成法的创立是中国人的功劳，从此人认识世界的能力登上了一个新台阶。

既然人是一个开放的复杂巨系统，我们研究人体科学，就要应用“从定性到定量的综合集成法”，这是一个根本的观点和方法论。我们得出这样一个概念，在今天这个会上，应该说也得益于中医理论的启示。所以我们曾经提出，把中医等综合起来，形成人体科学。现在我要说，我们的理论又上升了，上升到人体是一个开放的复杂巨系统这个观点，我们要以这个观点，来改造一切旧的、关于人体的学问。我认为，这是中国人体科学学会的任务。当然，这个任务很艰巨，要干出点头绪来，恐怕是下个世纪的事了。但是，我们要有信心。几千年来，人类一直在探索，今天终于找到了正确的途径，那就一定要走下去。

二、人体科学研究要重视临床医学

人体是复杂巨系统，那研究人体就决不能简单化，抓住一点，不及其余，因此就必须实事求是，要特别重视从实践中取得的知识。人体科学的实践是什么？是医学，医学是人体科学最丰富的实践源泉。因为人是会生病的，生了病要治。为了治病，就要搞清病因，研究人体是怎么回事。特别是临床医学，直接接触病人，一个病人是实实在在的，复杂的，你不能简单化。我接触过一些搞医学研究的人，他们往往把人简单化了，不大看得起搞临床医学的人，认为他们不大“科学”。可是我觉得，他们所说的“科学”，往往有机械唯物论的成份。我们搞人体科学的人，千万不能犯机械唯物论的毛病，要重视临床医学的经验，这其中包括中医。中医有几千年的历史，内容非常丰富。中医通过实践，有许多感性认识，他们也在努力进行总结，形成的中医理论，是很宝贵的。当然，还有少数民族医学，如藏医、蒙医等，所以叫传统医学。实际上这种问题现在在外国也引起了重视。英国《新科学家》杂志[①]上讲，西亚有两种药，一种叫乳香（Frunkincense），一种叫没药（Myrrh），很有名的，他们也在研究。后来我又看到一个消息，说非洲的黑猩猩每天早上吃两种树叶，一种拉丁名叫Aspilia，还有一种叫Lippia Plicata，说这两种树叶是健身开胃的，那就是说，黑猩猩也吃草药。所以说，中医、世界各地的民族医学等，是一个非常丰富的宝库，其历史恐怕不只是几千年，如果加上人类的祖先，大概有上亿年的历史了。

---

① Collin MiChie. PharmaceutiCal magic from the Magi[J]. New ScientiSt, 1989, 12: 26—28.

另一个大方面是西医，还有中西医结合。在今年的《人民画报》①②③④⑤⑥，我看到介绍中西医结合方面的成就，其中特别提到骨科，中西医结合在正骨方面的成就。

第四个很重要的方面是民间医学，就是我们日常说的偏方。有的偏方很灵，但在医学书上找不到，这方面的内容我们也不能忽略。

第五个方面是心理治疗。这在近年来有相当的发展。中国科协副主席吴阶平教授告诉我，心理治疗很重要，他在给病人看病时，就要用心理学。

还有没有别的方面？随着我们认识的发展，也许还有。以上我讲的这几个方面，是大致按出现后受到重视的历史次序讲的。当然在座的同志们大概各有自己的排列次序，这我不会争论。但这几个方面都是直接处理人的，是对人体的实践，而我们研究人体科学，就不能简单化，要考虑到人是一个开放的复杂巨系统，而且人和人还不一样。所以临床医学对人体科学的研究来说是最丰富、最全面的信息来源，一定要充分重视。我们中国人体科学学会有个临床医学哲学专业委员会，他们的研究对人体科学的发展有重要作用，而且根据本节所述，应该不局限于中医药，要包括所有方面的临床医学。例如，我曾建议用中医理论来分析大量的西医医案。

从人体科学的观点看，临床医学还可以有更大的发展。过去讲医学分第一医学，即治病的医学；第二医学是保健、防病的医学。关于第三医学的概念，我有些不同意见。第三医学的英文是Rehabilitation Medicine，我们翻译成“康复医学”是不恰当的。一个人病了要康复，那属第一医学的问题，而第三医学实际指的是残疾人功能的恢复，是用机械的手段恢复。其实这种器件很多：眼睛近视治不好了，戴上眼镜；耳朵聋了戴助听器；心脏功能不好戴起搏器等一等。随着科学技术的进步，这种东西越来越多，有篇报道介绍“意识技术”，其中有一段讲：“我们戴眼镜已经有几个世纪了。接着出现了隐形眼镜，现在我们进行眼科手术，帮助自己看得更清楚。我们还可以切除体内老化的骨骼用不锈钢代替，塑料正在代替坏死的皮肤。我们正缓慢而实在地把更多的技术加到体内，我们正在变成受控的机器，我们是用加在体内和体外的技术发挥某些生命机能的人”。《光明日报》1990年5月28日第2版上有一篇“新型的多功能康复床投入使用”的新闻，就是讲用一种新型的多功能电子床帮助人做一些失去的功能。人体科学的研究，可以帮助我们制造出更多的机

① 胡熙明．中国医药学的发展[J]．人民画报，1990，1：36-41．
② 曲岳华，赵明清．神奇的针灸疗法[J]．人民画报，1990，2：40-45．
③ 邢思邵，王德英．中医四诊——望闻问切[J]．人民画报，1990，33：35—39．
④ 邢思邵，刘启俊．世间百草皆入药[J]．人民画报，1990，4：28—33．
⑤ 王凤岐，徐讯．中医正骨[J]．人民画报，1990，5：38-41．
⑥ 高明义，周措坤．国药老店——胡庆余堂[J]．人民画报，1990，6：33—35．

械的电子的仪器，这些仪器可以帮助人恢复一些医疗的办法不能恢复的功能。所以我认为，第三医学不能叫康复医学，而应该叫“再造医学”，即人体器官的再造。

从人体科学研究着眼，我认为还应该有一个第四医学，就是开发一般人没有的功能我把它叫做“超越医学”，英文可以翻作“Creation Medicine”，我们要超越自己，创造比“上帝”创生更优越的人，而且这是自觉地、能动地创造。这是我们人体科学的一个重要方面。其中又可包括三个方面：第一是用人体科学的方法，提高体育运动成绩。武汉体育学院的夏双全同志研究实验过用气功的方法提高运动成绩。第二是提高人的智力，安徽的吴一同志做过这方面的实验，他也是用气功的办法。但是，他把练气功治疗近视眼归在这里面是不对的，那是第一医学的问题。第三是诱发特异功能，发挥人潜在的、常人没有的功能。我认为，人体科学研究要考虑第四医学，即超越医学的问题。

人体科学要面向医学，而这里的临床医学包括四个医学，即第一医学，第二医学，第三医学和第四医学，而且四个医学都要用中医、西医、中西医结合、民间医学、心理治疗等等。

上海有一位孙起元研究白血病。他提出医学把医和药分开是不对的[①]，我认为有道理。一些人不找医生看病，按广告宣传买药吃，恐怕会出问题。因为，即使生同一种病，人和人也不一样，不管人的状态，即我们说的功能态如何，乱吃药是不行的。现在医疗事业的混乱状态实在令人担忧。

我们人体科学工作者也要看到临床医学中没有解决的问题是很多的。不久前我见到301医院神经科匡培根大夫，她给我讲疼痛问题，说这个问题很复杂，我们不理解。世界上有个疼痛学会，参加的人很多，有搞医学的，也有搞心理学的，社会学的等，因为痛的原因很复杂，许多疼痛也治不好，没办法。所以我们对人体，特别是神经系统的理解还差得很远。

三、人的意识问题的复杂性

1983年，我在《论思维科学》那篇文章里讲过这个问题，现在我想我们研究人体科学也要注意这个问题。因为人体是一个开放的复杂巨系统，必须重视意识对人体其他部分的反馈作用，这就是心理学，一门人体科学的基础学科。古代研究心理，犯过唯心主义错误。后来建立了心理学，又遇到机械唯物论。典型代表是行为主义心理学，即所谓“黑箱论”。到目前，国外心理学研究中，派别林立，谁也说服不了谁。但有的问题，我认为是可以搞清楚的。例如，结合脑科学研究，对于感

① 孙起元．中医白血病的探索[M]．上海：学林出版社，1984．

觉（Sensation）问题，即人对外部信息的感受，接受到以后又怎么传输到大脑等，这样的问题是可以搞清楚的，这就是生理心理学。但感觉进一步上升，心理学中叫知觉（Perception），那就复杂了，搞不太清了。因为知觉涉及到更复杂的问题，比如大脑是怎么处理接受到的信息的。国外有人研究羊的知觉，说如果人站着，羊就害怕，如果人趴着，羊就不怕，这是一个有趣的现象。最近看到一篇书评[①]，评Richard Cytowic写的一本叫共感觉（Synesthesia）的书，从书评的内容看，我认为不应翻译为共感觉，而应叫感受。感受是比知觉更高级的东西，比知觉更复杂。比如人听到音乐，首先是从耳朵到听觉神经的感觉，然后大脑主管部位处理感觉信息达到知觉；知觉再同听音乐人的生活修养综合，最后达到听音乐的感受。人游风景区，读诗词，看文艺演出，其过程无不如此。但研究这种问题，我看心理学很困难，因为它现在还摆脱不了还原论的处理方法。这方面的书很多，这就是目前心理学所面临的困难。我们搞人体科学的更要注意这个问题，而且要跳出心理学的框框，使用处理开放的复杂巨系统的方法，从定性到定量的综合集成法，逐步地从生理心理学上升到凡SPerry所讲的精神学的高度。明确人的感觉如何上升到精神的高层次活动，然后，这种高层次的活动又如何反馈过来，影响到人体其他部分。这就是真正建立起精神学。人体科学工作者如果不研究这个问题，许多问题恐怕解决不了。这个问题我过去讲过，今天结合“感受”这个新概念，再重申一下，即意识、心理在人体科学中的作用。

四、研究人体科学的指导思想和方法论

人体科学的研究要用马克思主义哲学，也就是辩证唯物主义作指导。对于人体科学来说，与马克思主义哲学相联系的是人天观。人天观包括微观、宏观和宇观三个层次；中医理论在宏观方面有很大贡献。这里我要强调的是，我们千万不要犯唯心主义和机械唯物论的错误，在一些自然科学技术部门，不大容易犯唯心主义错误，但由于受西方科学思想的影响，很容易犯机械唯物论的错误，用通俗的话说，就是太死心眼儿，看问题简单。人体科学的研究，不但要警惕唯心论，而且要警惕机械唯物论。但如果我们坚持马克思主义哲学，坚持辩证唯物主义，那说我们是唯心主义的，他自己必定是机械唯物论者；说我们是机械唯物论的，他自己必定是唯心主义者。所以我今天再重复强调，搞人体科学的人，一定要学好马克思主义哲学，不然，我们不仅搞不好人体科学研究，而且还会犯错误。中央领导同志一再强调领导干部要学好马克思主义哲学，为什么？因为领导干部要处理的社会问题，也

① Glyn Humphreys. Higher Sight. Nature, 1990, 343: 30.

是一个开放的复杂巨系统，在这一点上，和人体科学是有共性的，所以搞人体科学的人要学马克思主义哲学。

要建立人体科学和马克思主义哲学之间的桥梁——人天观，这不是一件容易的事情，不能随随便便。

这里我还要说，中国共产党在领导新民主主义革命和社会主义建设中，面临的问题是非常复杂的，但取得了伟大的胜利和成就。这个经验的总结并提炼到哲学高度的就是毛泽东思想。毛泽东思想对错综复杂的问题提出了唯物辩证的范畴论①，它也是研究人体科学的锐利武器，我们要学习并使用这一毛泽东哲学思想。

有了指导思想，接着便是方法论的问题。处理人体这个开放复杂巨系统的方法，是从定性到定量的综合集成法，它不是那种老的、还原论的方法。还原论是把事物分割开来，进行实验，然后再综合起来。这是300年前形成的培根法，几百年来人们一直沿用这种“科学方法”进行研究工作。但是，这套方法不能用来解决开放的复杂巨系统。因为这个系统非常复杂，不知道该怎么分割，切开来的小系统已不是原来的系统了，对小系统的点滴研究也无法进行综合。刚才我讲到搞医学研究的人与临床医生有些观点不一致，而临床医生每天所面对的病人，都是一个一个完整的人，而人是一个整体。面对人这样一个开放的复杂巨系统，我们必须进行综合研究，不能停留在点滴研究的水平上，我们要把各种局部研究综合起来。医学界每年要发表许多论文，但不解决问题，为什么？因为那些研究都是点滴的、局部的，没有综合。人体科学研究，必须把各种信息综合起来，那就要用从定性到定量的综合集成法。

对这个方法，我们在第一节中已经说是中国人的创造，外国人还没有。当然，他们也在实际中遇到复杂性的困难，知道老的培根方法已行不通，从而近年来在国外出现了风行一时的所谓复杂性研究②，但议来议去，不见解决困难的可行办法。还是我们走在前面了，这是我们中国人体科学工作者可以庆幸的。

五、当前我们的困难和挑战

另一方面，在实际运用上述研究方法时，因为涉及到我国的社会情况，有许多困难待克服，有大量的信息要综合，靠手工劳动不行了。所以要使用现代信息技术的方法，将信息技术作为人思维的辅助工具，来完成从定性到定量的综合集成。搞人体科学研究的人要参与这个工作，掌握这个方法。就我所知，507所的梅磊在

① 宋一秀，商孝才．毛泽东哲学思想教程[M]．上海：华东师范大学出版社，1989．

② 王志康．论复杂性概念——它的来源、定义、特征和功能[J]．哲学研究，1990，3：102—110．

脑电方面做了许多工作，而南京军区总医院的卢侃和卢火又在做分维的脑电研究。这些关于脑电的工作难道不能综合？最近看到河南体育科学研究院的邵紫苑研究皮纹①，说皮纹代表了人的遗传信息，看皮纹可以选拔体育人才。我想这太一得之见了。皮纹即使代表遗传，也不能说遗传决定一切，后天环境的影响也是很大的嘛！总之，人体的功能状态恐怕需要几百个参数来描述，不能简单化。最近看到《自然杂志》上张绍光、张绍明关于人体经络的理论②③，说经络的物质基础是一种液晶体在人体组织某些间隙通道中的运动。这也太简单了，而且也仅是一种设想，并未做深入研究。黑龙江科技出版社出了一本张士舜写的中医现代化研究的书，还引用了我的话，说人体是一个系统，但他的系统太简单了。南京市江浦县医院邹伟俊写的一本中医多学科研究的书，开阔了中医理论，把可以借鉴的东西都引入进来了；这是一个良好开端，但也仅仅是个开端。因为人体太复杂了，我们现在千万不能再简单化了。

从前西医常常犯简单化的毛病，哪里有病灶，就治哪里。最近在《科学美国人》1990年第5期上看到Steven A. Rosenberg写的一篇文章④，讲如何提高人的免疫能力，让免疫系统去战胜癌变，这是一个进步。文章讲，1968年，他当波士顿医院住院医生，接收了一位腹部疼痛的病人，经检查患胆结石，他用手术取出了结石。但查病历，发现此人在12年前曾患过胃癌，当时打开腹腔，发现转移到肝脏，已无法做手术了。医生认为至多能活3个月，但奇怪的是3个月后，他的体力越来越好，12年后在做结石手术时，发现癌已消失了。Rosenberg认为是免疫系统起作用，这就是一种系统的观点，而不是头痛医头，脚痛医脚。

我又想到中医治病，往往用一种滋补办法。什么叫滋补？大概就是西医说的增强免疫力。然而，中医说的滋补比西医的增强免疫力更全面些。西医现在也用一些滋补药，如枸杞子，黄芪等，但西医不知道吃补药是讲究时令的，有些药只能冬天吃，不能夏天吃。中医就比较辩证。

这些例子无非说明，一定要用开放的复杂巨系统的观点来看人体问题，要用“从定性到定量的综合集成法”。用马克思主义哲学，人天观来指导我们的研究，千万不能只抓一点，不及其余。人体科学研究要取得成果，一定要克服机械唯物论的毛病。但目前，分散是一个严重问题，而分散是人体科学研究的大敌。在人体科学学会有不少有威望的老专家已退出科研第一线。既然退出了第一线，就不要再做

① 邵紫苑，刘健生．皮纹与选材[M]．北京：人民出版社，1989.

② 张绍光，张绍明．人体经络存在的物质基础[J]．自然杂志，1990，13（5）：270-274、285.

③ 贺崇寅．经络之秘今始解？[J]．自然杂志，1990，13（6）：323.

④ Steven A. Rosenberg. Adoptive Immunotherapy for Cancer[M]. ScientifiC American, 1990, 5: 34-41.

那些点滴的工作，超脱一点，不要都去搞什么“实体”经营，能不能把各种点滴的研究综合起来，搞点“虚体”工作？这对人体科学非常重要。

中国人体科学研究是有成绩的，前途大有希望！这不只因为我们有马克思列宁主义毛泽东思想，有马克思主义的哲学来指导我们的工作，而且中国的人体科学研究是有党的领导的。上面有一个党和国家的人体科学4人领导小组，领导小组下面有一个专家组。因为人体科学的研究必须用“从定性到定量的综合集成法”，必须综合，所以我想再强调一下，综合是专家小组最重要的任务，人体科学学会的理事们也要做综合工作。点点滴滴的工作不是不需要，但是综合才是人体科学研究的前途所在。我们要把分散研究的风气扭过来！过去搞“两弹”，就是靠一体化的领导，靠高度的政治觉悟，高度的组织纪律性和高度的科学性。这样一种有组织的整体性工作，是人体科学研究所必需的。我希望通过这样的工作，改变别人对我们人体科学学会的看法，他们认为我们只是搞现场表演或点点滴滴测试的“中国人体特异功能会”或“中国气功会”。我们要进入人体科学的新时代，我们搞的范围宽得多，它包括了人体特异功能、气功、中医、西医、中西医结合、心理治疗和民间医学，不但要应用到第一医学，第二医学，还要开拓第三医学，创立第四医学。因此人体科学与我国社会主义现代化建设是密切相关的。

我以上讲的这几点认识对不对？请理事会讨论。理事会是学会的领导，理事会议定了，我们中国人体科学学会就要照着去办。

选自《钱学森文集》卷六，第147～157页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

感谢、怀念和心愿①

现在我要向领导和同志们表达在此时此刻我的心意。

我所做的一切，都是在各位领导同志的正确领导和有效组织下，在同志们的帮助下才取得成功的。所以我首先要感谢在座的各位老的领导、新的领导，没有你们的领导，我是做不成的。我还要感谢在座的曾经和我一起工作过的同志们，没有你们的帮助和支持，我也会一事无成。同时，我还要感谢今天在座的医务工作人员。因为，几十年来，我能为党工作，身体健康，没有你们的精心照顾也是办不到的。我今天能站在这里讲话，头脑还清醒，那就是你们的功劳。

所以，刚才各位领导讲我钱学森如何如何，那都是千千万万人劳动的成果啊，我本人只是沧海之一粟，渺小得很。真正伟大的是中国人民，是中国共产党，是中华人民共和国！

我这个人本来很少想过去，总是忙眼前的事，而且还经常考虑未来。看到授予我荣誉称号通知后的这几天，我才想想过去，真是思绪万千！

一

我首先想到的，是老一代的无产阶级革命家，没有他们领导中国人民取得新民主主义革命的胜利，那么快地建立中华人民共和国，恐怕我今天还流落异乡，饮恨终生。老一代革命家中，直接领导我的工作的是周恩来总理和聂荣臻元帅，我永远不会忘记他们。如果不是周总理在10年动乱的岁月里，费尽心力保证我的安全，恐怕今天我已不在人世了。聂荣臻元帅在60年代初生活困难时期，想方设法解决科技人员的生活供应问题，给我们送来了“特供”。每念及此，我的心情就很不平静。所以，没有老一代革命家的领导，我们不可能取得今天这样的成就。

再者，如果没有我工作过的单位的领导同志对我工作、生活的关怀和指导，我也做不出什么成绩来的。刚回国时，我在中国科学院工作。今天在座的有张劲夫同志，那时您是中国科学院的副院长，是我的领导。我一直记得，在50年代，您每个星期六上午组织我们这些不是党员的所长座谈，领会中央的方针政策。有10来个人参加，先让我们发言，大家敞开思想讲，然后您用30分钟作总结发言。每星期六的

① 钱学森1991年10月16日在国务院、中央军委授予他“国家杰出贡献科学家”荣誉称号仪式上的讲话，刊载于《人民日报》1991年10月19日。

这个会，我受益匪浅，至今记忆犹新。我又想到郭沫若同志，我们的老院长。若发现我们这些人有什么思想问题，有什么政策问题搞不清楚，郭老就找一个下午，亲自给我们作报告。郭老知识渊博，他的报告可不寻常，从古到今，从中到外，什么都谈，讲着讲着还爆发了诗兴，作诗赋词。听完郭老的报告，我们这些人心里有什么疙瘩也解开了。所以，在科学院这几年的工作，我是很幸福的。

后来我到国防部第五研究院工作，也就是后来的七机部、航天部，现在的航空航天工业部。党和国家给我这个任务，说实在的，开始我心里也没数。在美国，我懂一点导弹、卫星的事。但也没有真正发射过导弹、卫星，怎么办？只好和大家商量。当时南苑的一院，长辛店的三院，家属宿舍都未盖好，科技人员们只好每星期六上午坐班车回阜成路的大院的家，星期一早上又乘班车去上班。于是我想了一个办法，每个星期天下午把各个型号的技术负责人请到我宿舍去讨论问题。总工程师都畅所欲言，这对明确许多问题、解决问题起了很大作用，对我也是很大的帮助。直到今天我仍住在这几间房子里，它使我常常回忆起那个时代每星期天下午的会。

1970年我调到国防科委，即现在的国防科工委。国防科委的几代领导对我的工作、生活的安排，很关心、很细致，对我是很爱护的。我至今仍在国防科工委办公，这里有一个理想的办公环境，国防科工委机关整个工作系统组织得是很好的，很有效的。所以我对于国防科委、国防科工委几代领导也非常感激，永志不忘。

二

说起旧事，我还非常怀念我的母校北京师大附中，我从1923年到1929年在北京师大附中念书。大家可以想想，从1923年到1929年，当时的旧中国和旧北京是个什么样子。在那样一种艰难困苦的年代，办学真不是一件易事。但是北京师大附中当时的校长（那时称“主任”）林砺儒先生确把师大附中办成了一流的学校，真是了不起。我今天说了，恐怕诸位还不相信，那个时期高中分一部、二部，一部是文科，二部是理科，我在理科。高中毕业时，理科课程已经学到我们现在大学的二年级了。北京师大附中在那个时候办得那样好，所以我是很怀念的。

下面我还要利用这个机会表示对我的爱人蒋英同志的感谢。我们结婚已经44年了，这44年我们家庭生活是很幸福的。但在1950年到1955年美国政府对我进行迫害的这5年间，她管家，蒋英同志是做出了巨大牺牲的，这一点，我绝不能忘。我还要向今天在座的领导和同志们介绍，就是蒋英和我的专业相差甚远，我干什么的大家知道了，蒋英是干什么的？她是女高音歌唱家，而且是专门唱最深刻的德国古典艺术歌曲。正是她给我介绍了这些音乐艺术，这些艺术里所包含的诗情画意和对于

人生的深刻的理解，使得我丰富了对世界的认识，学会了艺术的广阔思维方法。或者说，正因为我受到这些艺术方面的熏陶，所以我才能够避免死心眼，避免机械唯物论，想问题能够更宽一点，活一点，所以在这一点上我也要感谢我的爱人蒋英同志。

三

最后我要表达一下，在今天这么一个隆重的场合，我心情到底怎么样，如果说老实话，应该承认我并不很激动，怎么回事？因为我这一辈子已经有了三次非常激动的时刻。

我第一次激动的时刻是在1955年，当时我到美国已经20年了。我到美国去，心里只有一个目标，就是要把科学技术学到手，而且要证明我们中国人可以赛过美国人，达到科学技术的高峰，这是我的志向。我跟美国的好朋友都不客气地说，虽然当时中国是个苦难的国家，我中国跟你美国不能比，但是我钱学森这个中国人论单个，人比人，就要跟你们比赛。那么后来呢，我师从全世界闻名的权威、工程力学和航空技术的权威冯・卡门，他是一位使我永远不能忘记的恩师，他教我掌握了现代科学技术的观点和方法。到1955年夏天的时候，我被允许可以回国了，当我同蒋英带着幼儿园年纪的儿子、女儿去向我的老师告别时，手里拿着一本在美国刚出版的我写的《工程控制论》，还有一大本我讲物理力学的讲义，我把这两本东西送到冯・卡门老师手里，他翻了翻很有感慨地跟我说，“你现在在学术上已经超过了我。”这个时候他已74岁了。我一听他这句话，激动极了，心想，我20年奋斗的目标，现在终于实现了，我钱学森在学术上超过了这么一位世界闻名的大权威，为中国人争了气，我激动极了。这是我有生以来第一次这么激动。

后来乘船回国，船经菲律宾的马尼拉时停下来，上来一个美联社的记者，这个记者头一句话就问我是不是共产党，我对这个人没好气，我说：“共产党人是人类最崇高的人，我还够不上共产党员的资格呢！”那位记者见捞不到什么，只好灰溜溜地走了。但是，仅仅四年以后，在建国10年的时候，我被接纳为中国共产党的党员。这个时候我心情是非常激动的，我钱学森是一个中国共产党的党员了！我简直激动得睡不着觉。这是我第二次的心情激动。

第三次心情激动，就在今年。今年我看了今天在座的王任重同志写的《史来贺传》的序。在这个序里他说中共中央组织部把雷锋、焦裕禄、王进喜、史来贺和钱学森这五个人作为解放40年来在群众中享有崇高威望的共产党员的优秀代表。我看见这句话，才知道有这回事。我心情激动极了，我现在是劳动人民的一分子了，而

且与劳动人民中最先进的分子连在一起了。

有了这三次激动，我今天倒不怎么激动了。今天不怎么激动也还有另一个道理，就是在刚才领导同志的讲话里，在聂荣臻同志的贺信里，讲人民对我的工作是很满意的。我想，但愿如此。可是我现在还没有到生命的最后一刻，到底我怎么样，还有待于将来吧。所以我想，我还要努力。那么我努力的方向是什么呢，今天向各位领导，向江（泽民）总书记、杨（尚昆）主席汇报，我有个打算，我的打算就是：我认为今天科学技术不仅仅是自然科学工程技术，而是人认识客观世界、改造客观世界整个的知识体系，而这个体系的最高概括是马克思主义哲学。我们完全可以建立起一个科学体系，而且运用这个科学体系去解决我们中国社会主义建设中的问题。江总书记在建党70周年的讲话里说，我们的社会主义改革是一个极为复杂的巨大的系统工程。假设我们把这个科学体系建立起来了，就跟放卫星一样，完全可以用来成功地建设社会主义。周恩来同志和聂荣臻同志领导并指教我们这些人开创的事业一定要继续下去，还要扩展到整个社会主义建设。我在今后的余生中就想促进一下这件事情。我今天就向领导同志汇报一下我的这个心愿。

谢谢大家。

选自《钱学森文集》卷六，第208～212页，北京：国防工业出版社，2012年1月第1版。

关于大成智慧的谈话①

今天找大家来，我首先想谈的是要学会运用马克思主义哲学的问题。因为你们这个集体正在研究的问题都涉及人，人的思维和人的大脑，这是一个非常复杂的问题。在西方资本主义国家，相当长的一段时期以来，他们对于人的作用的认识是有许多错误的。在对人脑和人的思维等问题的研究上，尤其有许多机械唯物论的东西。

我讲这一段话的意思，就是我们这个班子搞开放的复杂巨系统，任何时候都不要忘了辩证唯物主义，警惕机械唯物论，辩证唯物主义，至少方向是正确的，走一步是一步。我之所以反复强调这一点，就是看到当前科技界有一股风，即跟着外国人跑。当然，这些事情也很难免，像计算机软件，用的是英语，所用的符号都是来自英语，在不知不觉的情况下就会受到影响。

在这个前提下，我再讲几个问题。

一、关于建设从定性到定量综合集成研讨厅体系

1. 关于信息和信息网络的高效化。当今世界，信息量之大，是十分惊人的。如果不使信息网络高效化，那就会成为泰山压顶，非把人压垮不可。因此，建设高效能的信息网络，让人能够很方便地提取和使用信息，是一个重要问题。从目前国内外的进展情况来看，这个问题已接近解决。汪成为同志送给我一本《面向对象分析、设计及应用》②，我自己有一本《Intelligent Databases》③，我觉得这两本书不错。总的来说，就是讲信息系统怎么更实用，更有效，这个观点我是很赞成的。大约10年前，我在国防科工委情报所讲，你们搞什么信息库、资料库，但是对一个使用者来说，这可是茫然大海，怎么把有用的信息找出来？那时我还没有想到用计算机，只是对情报人员说，你们得想办法把“死”的情报资料“激活”了，使它成为可用的信息④。当时我也提出“激活”情报、资料、信息的系统工程方法；现在看

---

① 钱学森1992年11月13日与王寿云、汪成为、戴汝为、于景元、钱学敏、涂元季六人的谈话，收录于《创建系统学》，山西科学技术出版社2001年11月出版。

② 汪成为，郑小军，彭木昌。面向对象分析、设计及应用[M]。北京：国防工业出版社，1992。

③ Persaye K.Chignell M.Khoshafian S.etal.Intelligent Databases—Object-Oriented.Deductive.Hypermedia Technologies.John Witey.1988.

④ 钱学森。科学技术情报工作的科学技术[J]。国防科技情报工作，1983，5。

来，这个工作可以用计算机来做，这可是解决了一个大问题。我想，这是我们搞综合集成研讨厅要解决的第一个问题。

2. 关于综合集成技术。在信息网络大量资料的基础上，还有一个中间步骤：这是为决策咨询用的，是稍小一点的分系统的决策问题，目前流行的说法叫决策支持系统。将来的研讨厅体系，要用到大量的决策支持系统案例的结果。这些结果将来也要建一个库，供决策使用。这样的成果当然比上面说的“信息”层次要高一些，是较高层次的信息库。

综合集成技术的第二个方面是怎么样把参加研讨厅的专家意见综合起来。过去遇到这个问题想了一些办法，现在要进一步提高，做得更有针对性。

二、关于大成智慧工程

我们现在搞的从定性到定量综合集成技术，名称太长，也不好译成英文，按照中国文化的习惯，我给它取了个名字，叫大成智慧工程。中国有“集大成”之说，就是说，把一个非常复杂的事物的各个方面综合起来，集其大成嘛！而且，我们是要把人的思维，思维的成果，人的知识、智慧以及各种情报、资料、信息统统集成起来，我看可以叫大成智慧工程。英文翻译为Metasynthetic Engineering，缩写是MsE。这个方法，实际上是系统工程的一个发展，目的是为了解决开放的复杂巨系统的问题。用英语表达就是：Metasynthetic Engineering is a development of systems engineering，for solving problems of open complex giant systems，而“从定性到定量综合集成研讨厅体系”，译成英文，可以是“Hall for Work Shop of Metasynthetic Engineering”，缩写是HWSMsE。

我讲这个问题的目的是要说明，我们今天搞的综合集成研讨厅体系，是要把今天世界上千百万人思想上的聪明智慧，和已经不在世的古人的智慧都综合起来，所以叫大成智慧工程（Metasynthetic Engineering）。这是我们按照毛泽东的认识论，结合现代的系统工程和大家的实践经验发展起来的，这可是方法论上的一个大飞跃，大发展。这个方法将使人比过去聪明得多。实际上，我们是把马克思主义的认识论与现代系统工程的方法结合起来了，这是件了不起的事。

三、大成智慧学

前面我讲了大成智慧工程。现在要讲的是，将这一工程进一步发展，在理论上提炼成一门学问，就是“大成智慧学”。它实际上是马克思主义哲学的发展与深

化，或者说，是马克思主义哲学发展到一个新的阶段，我们为它取一个朴素名字，叫大成智慧学。

近来我对这个问题有些想法，今天和大家谈谈。

几年前，我在中央党校讲课时，开始提到科学技术体系问题。当时只讲了六大部门，后来又加了两个部门，发展到八大部门，到现在发展成十一大部门[①]。每个部门分三个层次，只有文艺是两个层次；每个部门又有一座桥梁，是这个部门的哲学概括；最后都归于马克思主义哲学。在这个体系的外围还有许多不成其为科学的点点滴滴的经验等，这就是我提出的科学技术体系，所以多年来我一直在宣传：马克思主义哲学是智慧的结晶。

最近看了一本书，陈晋著：《毛泽东与文艺传统》[②]，我深受启示，使我对这个问题又有些新的想法。书上讲，毛泽东的智慧不是来源于科学，而是来源于中国传统文化，毛泽东的许多思想，都是从中国文化提炼出来的。我认为这个看法是对的。大家都知道，毛主席不是学科学的，他知道一些科学知识，但是不多。他对科学的判断，实际上是从文化艺术中吸取的智慧。

中国还有些哲学家，也有这种观点，他们的书过去我看不懂，现在明白了。比如熊十力[③]，他认为人的智慧有两个方面：文化、艺术方面的智慧叫“性智”；科学方面的智慧叫“量智”。这样看来，我过去说的科学技术体系属“量智”；而文化体系属“性智”。由此使我想到，过去我说，要发展、深化马克思主义哲学，需要引入中国古代哲学的精华。张岱年教授同意我的看法。现在看，这个精华就是人类的“性智”，即人根据自己的实践经验，从整体上来看世界。这也是综合集成嘛！在这方面，毛泽东同志给我们作出了范例，他的智慧基本上来源于此，即实践加中国传统文化艺术。从前我只从科学技术方面来讲人的智慧是不够的，还要看到智慧的另一个来源，即传统文化艺术。所以，我过去讲的科学技术体系的概念还要再扩大，变成智慧的体系，这就是我和黄楠森教授，以及他的学生王东同志讲的，哲学发展史上的第四次伟大尝试。

由此看来，一个人光有科学技术不行，常常容易犯机械唯物论的错误；光有文化素养也不行。我觉得毛泽东是用传统文化中的精华，诗人的气概，结成伟大的智慧，战胜了机械唯物论和唯心主义，成为中国革命的伟人。但他科学技术懂得太少，那时我们又没有建立起处理开放的复杂巨系统的科学方法论，所以他的失误，

---

① 1992年11月13日钱学森发表这次谈话时，“建筑科学”尚未提出、列入现代科学技术体系，因此这里不应是十一大部门，而应该是十大部门。——编者注。

② 陈晋。毛泽东与文艺传统[M]。北京：中央文献出版社，1992。

③ 郑家栋。熊十力哲学方法论析[J].吉林大学社会科学学报，1992，4。

在于把事物看得太简单化了，终于无力解决中国社会主义建设的难题，在他的晚年这一点显得更为突出，这是一个悲剧。由此看来，人一方面要有文化艺术修养，另一方面又要有科学技术知识，按熊十力的说法，既要有“性智”，又要有“量智”。这就是大成智慧学，是马克思主义哲学的发展与深化。

四、我们要为建设中国社会主义市场经济努力工作

社会主义建设是一项非常复杂的社会系统工程，这是江泽民总书记在党的十四大报告中讲的。最近我和于景元讨论，我们这个社会系统里有没有混沌？我认为如果真正放活了，在市场经济中，混沌肯定是要出现的。什么样的混沌？我想这个混沌的时间尺度是比较短的，即小于生产周期，没法具体掌握，国家只能对这些混沌给以宏观地调控，使它在一定范围之内。如果将混沌完全消除，其结果适得其反，又回到完全计划经济的老路上去了。但是，我觉得，在社会主义市场经济中出现的这种混沌，并不等于资本主义国家经济活动中长周期的大起大落，那是资本主义国家体制造成的。对这个问题，在我们社会主义中国，通过国家宏观调控应该能够解决，甚至可以解决所谓30年周期的问题。30年周期在历史上是由于产业革命引起的，我们如果把大成智慧工程建立起来，对这样的问题应该能够预见到，并预先采取措施，加以防止，达到平衡地发展。所以我觉得，在市场经济中出现混沌是好事，它表示市场搞活了。回顾党的历史，从1921年成立中国共产党开始，大约花了近30年时间，中间经过许多曲折，才建立新中国；建国后，搞社会主义建设我们没有经验，开始也是试验性的，又经过许多波折，花了30年时间，到十一届三中全会，总结了历史的经验，才开始认真探索社会主义经济建设的规律；再过30年，到2010年，大约我们才能摸索到一套怎么建立社会主义市场经济的规律，完成社会主义初级阶段的建设。

近来我学习党的十四大文件，又看了报纸上刊登龚育之[①]、丁关根[②]的文章，有一些体会，即改革也是一场革命。什么叫革命？革命就是天翻地覆地变化。当前我国社会主义建设的形势当然不错，但是问题也相当多，封建意识的影响，愚昧无知，社会丑恶现象等等，也是相当严重的。对这些东西，不革命怎么能行？所以我们也要看到改革的复杂性、艰巨性。前几天我又翻看了1988年7月我在国防科工委科技委兼职委员座谈会上的讲话，当时所指出的一些问题，今天依然存在。这也是

① 龚育之，精髓·前提·哲学基础——论解放思想、实事求是的思想路线[N]。经济日报，1992-10-27（1、2）。

② 丁关根，学习党的十四大报告的几点体会[N]。人民日报，1992-11-11（5），1992-11-12（5）

革命过程中的非常规状态，是不可避免的，这就是当前中国的状况。我觉得，造成这些问题的原因是改革在大步前进，但还没搞好。当然，改革也很难，企业要转换经营机制，政府机构的职能要转变，人员要精减，搞小政府，大社会。但精减下来的人怎么办？所以，李鹏总理强调要发展第三产业，我理解，其中一个因素也是要安排人。国家机关工作人员在十一届三中全会时才一千多万，现在有四千万，增加了两倍多，这都是很大的问题。

在这种情况下，我们能办什么事？这些问题都是一个复杂巨系统的协调问题，而现在协调太慢，措施又不得力，为什么？因为没有总体部，没有大成智慧工程，各级领导都在努力工作，但他们没有得力的工具，反映很慢。我们要从这个高度来认识自己的工作，进一步搞好我们这一套复杂巨系统理论及其方法论。

五、关于金融经济学

这个问题我向大家通报一下有关情况。大约10年前，我在中央党校讲课时曾说，你们讲基础理论，只说有政治经济学，有人提出还有生产力经济学。我觉得在当今时代，金融是个大问题，应该建立金融经济学。老一辈银行家乔培新同志听到这个意见，很赞成，他召开了一个座谈会，让我讲话。我说，金融在社会主义经济建设中是一个很重要的问题，而现在看到的有关金融的书，都是讲金融工作的，是金融学，而不是金融经济学。金融经济学应该是讲怎么用金融手段来发展经济。后来许多人写了书，也送给我看，我觉得他们讲的都是金融、会计业务之类的，还是金融学，而不是我说的金融经济学，不是高层次的问题。前几年，大连东北财经大学的老校长章梦生，是位老同志，送给我他写的书，这本书有一部分内容是属于金融经济学，讲大范围的金融运动，另一部分仍是金融学。他接受我的意见，不久前又送一份书稿[①]给我看，讲世界金融经济学，世界资金的流动，以及我们怎样利用这个流动来搞经济建设。我觉得这本书是不错的。另外，我又接到南宁广西壮族自治区经济研究中心的一位年轻人罗运贵寄给我的一本书：《货币发行量与2010年的中国》[②]。这本书有些新观点，他不同意老是强调政府收支平衡，消除财政赤字等等，应该强调发展经济，可以发行货币、债券，促进经济发展等。我想了一下英国的英镑，英镑是什么意思？原来1英镑的值是1磅重的白银，到今天1英镑值多少？我算了一下，只能买大约1/30磅的白银，也就是说英镑已贬值30倍。所以，我觉得罗运贵的观点很有意思，值得考虑。我介绍他认识章梦生，他们也开始通信讨论问

---

① 章梦生．世界金融经济学[M]。香港：香港商务中心出版，1992。

② 罗运贵，货币发行量与2010年的中国[M]。南宁：广西民族出版社，1992。

题了。

为什么金融问题这么重要？我看到一个材料，讲美国新的产业，投入最高的是化工医药产业，一个劳动力一年要投资9万美元；而平均美国一个劳动力一年的投资是4万3千美元。由此推算，中国如果要高速发展，需要多少投资？总书记讲我们年递增9%，我说如果搞得好，年递增还可以更高，达到15%，那时我们的年投资不是一千亿元，而是一万亿元，甚至几万亿元。哪来这么多钱？这是个大问题，所以要研究金融经济学，要开拓这一新领域。他们将来研究的成果对我们也有用，有必要在这里向大家通报一下。

选自《钱学森文集》卷六，第272～278页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

我们要发展“科学技术是第一生产力”的理论[①]

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”，是一个非常重要的命题，我们要用马克思主义哲学的辩证唯物主义和历史唯物主义来深化和发展这一理论，并以此来丰富历史唯物主义的哲学内容。它将引起社会科学领域的一场科学革命。

1955年人民出版社曾经出版了一本译著：苏联康士坦丁诺夫主编的《历史唯物主义》[②]。我早年看过，书中根本没有强调科学技术的作用，这是一个很大的不足。我读过的另一本书，是1983年人民出版社出版的，由肖前、李季林、汪永祥主编的《历史唯物主义原理》[③]，书中第七章讲了科学技术与生产力的关系。可能是因为这三位编者对科学技术并不在行，所以这第七章是另请人写的。由此使我想到，搞科学技术的人要深化、发展历史唯物主义，我们应该有这个勇气，这是中国人的一项重要任务。今天请你们六位来，就是谈这个问题，下面分几个问题谈。

一、关于科学革命、技术革命、产业革命、政治革命和文化革命

马克思主义哲学认为，客观世界是不以人的意志为转移而存在的，人首先要认识客观世界，才能进而改造客观世界。从这一基本观点出发，认识客观世界的学问就是科学，包括自然科学、社会科学等等。所以，首先要明确“科学”的概念。我在提出科学技术体系时，曾多次强调，科学是人认识客观世界的学问，有11[④]大部门，其飞跃就是科学革命。

改造客观世界的学问是技术。技术科学应该包括“软科学”。什么叫“软科学”？我认为实际是社会科学的应用。技术的飞跃是技术革命，毛泽东同志曾明确地提出过这个概念。由科学革命、技术革命又会引起经济基础的飞跃，这就是产业革命。产业革命的概念是马克思明确的。产业革命所引起的上层建筑和思想意识、文化领域的飞跃，便是政治革命和文化革命。由此可见，今天要建设社会主义，科

① 钱学森1992年12月11日在与王寿云、于景元、戴汝为、汪成为、钱学敏、涂元季六人的谈话，收录于《创建系统学》，山西科学技术出版社2001年11月出版。

② 康士坦丁诺夫．历史唯物主义[M]．北京：人民出版社，1955．

③ 肖前，李秀林，汪永祥．历史唯物主义原理[M]．北京：人民出版社，1983．

④ “建筑科学”是1996年才提出、列入现代科学技术体系的，因此，这里不应是11大部门，而应该是10大部门。——编者注。

学技术是第一位的问题。

二、关于产业革命和产业

按照马克思提出的产业革命的概念，我认为：第一次产业革命大约发生在10000年以前，即人从采集狩猎为生，发展到开始搞种植产业和畜牧业，所以第一次产业革命开创了第一产业，即农业。由此引起从原始公社到奴隶社会的社会政治革命。

第二次产业革命出现在奴隶社会后期，即商品的出现，这是由于生产的发展，人不仅为自己的生活、消费而生产，而且还有多余的产品来进行交换，时间大约在3000年前，由此引起从奴隶社会到封建社会的社会政治革命。

第三次产业革命是经典著作中说的工业革命，这次产业革命是18世纪末首先在英国发生，后来到19世纪初又发生在欧洲其他地方。这次产业革命创立了第二产业，即工业。由此可以看到，什么叫产业。所谓产业，就是由于生产力的发展，某一方面的生产非常突出了，影响到全社会的经济活动，我们就把它称为一个产业。像第二产业，即所谓工业上的制造业，在中国的封建社会不是没有，但它不发达、不突出，那时有所谓“士、农、工、商”，把“工”放在第三位，因为它还没有形成一个大的产业，“商”就更次之了。这是一个非常重要的概念。说第几产业并不是排位次，而是说一种影响全社会经济活动的产业在历史上出现的先后次序。

到19世纪末，20世纪初又发生了一次产业革命，即第四次产业革命。这次产业革命打破了一个一个工厂生产的限制，出现了大规模的、组织起来的、跨国工厂的生产，而且生产活动的规模变成世界性的了。原料从这个国家出来，生产可能在另一个国家进行，而产品向世界输出，发展成世界性产业。第四次产业革命创立了第三产业，即服务业。

现在所说的信息革命，实际上是第五次产业革命，它将创立第四产业和第五产业。第四产业是科技业、咨询业和信息业的总称；科技也不限于自然科学、工程技术，是整个科学技术体系。第五产业是文化业，或称文化市场业，包括文化经纪业等。

这样看来，产业，从第一产业、第二产业、第三产业，直到第四产业、第五产业，在今天都是面向市场的，是经济活动最显著的层次。产业不同于事业，产业不包括国家事务中的党、政、军、文化和群众团体等社会的重要活动①，我国在1985年还没有社会主义市场经济的概念，所以把第三产业作为一个大口袋，把第四、第

① 钱学森．给编辑部的一封信[J]．科协论坛，1989，3：2～3.

五产业全包括在内了，现在应该更正。

按照历史唯物主义的观点，从近代开始，是科学技术决定生产力及生产力的组织，而生产力和组织管理又决定经济，经济基础决定上层建筑。我们要从这个高度来认识小平同志提出的科学技术是第一生产力的重要性。用这样的理论体系来丰富和发展历史唯物主义。1992年12月10日《参考消息》上有一篇文章，讲资本主义国家面临的“制度性疲劳”。什么叫制度性疲劳？我看就是第五次产业革命对它们那老一套制度的冲击，是产业革命向人们提出的问题，说明他们那一套制度不能适应第五次产业革命的需要，要调整。

三、关于社会主义市场经济

大家都知道，马克思生活的时代是自由资本主义时代，那个社会的经济是没有宏观调控的，全是自由竞争。用一个学术上的话说，就是社会的混沌度极大，全社会的劳动人民，特别是无产阶级、工人阶级受到残酷的剥削，受害极大。马克思、恩格斯观察研究了当时的社会现象，产生了科学的社会主义思想，提出用国家计划的手段来调控混沌的经济。这恐怕是国家计划经济思想的来源。现在看来，这是一种空想，因为社会是这么复杂的一个开放的巨系统，信息量之大，变化之快，使得国家的统一计划无论如何是不能适应的。因此中央的计划只能是一个主观的、脱离实际的东西。这就是后来苏联的经济建设情况，我们曾经学过，不灵。20世纪80年代初，我在国家计委开会时曾提出国家对经济活动要“宏观控，微观放”。当时我并不懂经济，而是从分子运动论引申过来的，因为在微观上我们不能去控制每一个分子的运动，但用统计力学的方法，可以从宏观上调控分子的集体运动。

以上说的，是马克思在世时，研究了自由资本主义社会，提出了科学的社会主义思想，这是对的。但是，限于那个时代的发展水平，他不可能对这个问题深入研究下去，所以也有一定的局限性。马克思去世后发生了第四次产业革命，这说明在19世纪末，资本主义制度本身也意识到要变革，产生了垄断资本主义。当然，这里“垄断”的含义也是相对的，因为在垄断的情况下，还有市场，甚至是世界市场。有市场就有竞争，在垄断财团之间，国与国之间，帝国主义与殖民地之间的矛盾和竞争是非常激烈的，你死我活的。因此垄断也不是随心所欲的，而是相对的，竞争和斗争才是绝对的。但是，垄断的出现，毕竟在公司的集团化、内部的计划性以及对国家经济的宏观调控作用等方面，比自由资本主义时代有所改善，对此，列宁称之为国家垄断资本主义。用现代的学术语言说，就是降低了经济活动的混沌度。当然，资本主义政治体制的弊端依然存在，并继续起着破坏作用，这就使列宁对垄断

资本主义的帝国主义侵略本性看透了，并进行了深刻分析，道出了其腐朽性。但由于当时各种主客观条件所限，使得他还不能进行全面分析，未涉及垄断资本主义比之于自由资本主义有哪些改进。遗憾的是列宁早逝，而后继的斯大林和苏联的理论家们又死抱书本，只看到垄断集团相互竞争的一面，结果走到另一个极端，搞中央计划经济，把经济活动管死了，所以犯了错误。

回顾这一段历史，使我们感到非常遗憾。本来在20年代就可总结历史经验，找到正确的道路，结果整整花了70年时间，才得出社会主义市场经济的结论，这不能不说是社会主义事业的巨大损失。

至于我们国家，20世纪40年代末革命成功以后，对于怎么建设社会主义，没有经验，所以一开始就学苏联，后来加上我们自己“左”的失误，也走了一大段弯路。其原因我在1992年11月13日的谈话中已经讲了。但是我想，到1971年，有好几件事应该使我们清醒一些，如林彪事件；同时，这时我们也开始认识到，由于战略核武器的破坏力，核大战打不起来；由于世界人民的觉悟，使得帝国主义的侵略战争不能得逞，美帝国主义的侵朝、侵越战争都宣告失败。由此我们可以看出，“战争”这个人类历史上的现象，正在走下坡路，只有小的冲突、局部战争不断。这就是事物发展的辩证法：战争的发展否定了它自身。最后一件事是在20世纪70年代初，已看出亚洲四小龙在世界市场的兴起。但是当时，我们对这些现象并未引起重视，又失去20年时间。当然，人们可以说，在20世纪70年代初，我们国内的政治条件并不具备。但是到1978年，十一届三中全会以后，国内的政治条件应该说具备了，但人们的认识跟不上，不觉悟，结果又误了14年！回过头来看，苏联的70年，我们的20年，或者说14年，真是惨痛的教训！教训何在？就是不认识产业革命，不认识第四次产业革命！全面地说，应该是不认识科学革命、技术革命、产业革命、政治革命和文化革命！因此我们必须深化与发展科学技术是第一生产力的理论，充实、发展历史唯物主义。这实在是一件重要的事情。在这里，关键的问题是实事求是，即陈云同志说的“不惟上，不惟书，只惟实”！这是马列主义毛泽东思想的核心，我们应以此为指导，研究世界的实际。

这里我们还要考虑一个问题。历史唯物主义把政治的社会形态分为原始公社制、奴隶社会制、封建社会制、资本主义社会制，最后达到共产主义社会制。从上一节的讨论看来，在资本主义社会制到共产主义社会制之间还缺一个大的阶段：前四个社会制都是限于一个地区，或限于一个国家，而共产主义社会是全世界一体化的政治的社会形态。今天看，这个缺断可以补上了，就是当今世界的现实：世界已逐渐形成一个大社会了，哪个国家也不能闭关自守，闭关自守只会落后。世界一体化，经济、文化交往频繁。但这只是事物的一个方面；另一方面，国家政体不同：

有资本主义、国家垄断资本主义，还有在资本主义制度以前的国家，但又有社会主义的中国等。国家又分发达国家与发展中国家，即“南”与“北”之分。是世界一体，又多极分割，矛盾斗争激烈。这是过渡到人类大同的共产主义世界的必经阶段。历史唯物主义要加上这一新篇章，被苏联理论家丢失了的重要篇章。我想我们要深入研究这门学问，称“世界学”吧？

四、第五次产业革命与中国社会主义建设的关系

中国要建立并发展市场经济，同时还要积极参与世界市场经济，那么，我们的认识就不能停留在第四次产业革命上，要赶上去，实现第五次产业革命！这样，能源、信息、交通及环境建设就是非常重要的问题，这就是社会主义的地理建设，是基础。用信息技术来改造经济，1991年9月号《科学美国人》上只有Thomas W. Malone和John F. Rockand的一篇文章讲这个问题，还没讲全面。今天给大家提供了10篇《世界经济科技》上的文章复印件，讲得更全面了，可以参考。

说到信息技术，我们国家是差得比较远的，你们将来写文章，一定要大声疾呼。从前新华社一位同志告诉我，光他们每天收到的信息就不得了，无法处理，大部分锁在柜子里。国防科工委情报所收集来的信息用了多少？恐怕大部分也躺在资料库里，利用率是很低的。国外的信息技术比我们发达，他们掌握我们的信息甚至比我们自己还多。我听说梁思成教授去世后，在美国的华人要开纪念会，写了一份生平事迹，发回国内征求我们的意见，请我们作些补充。有关部门一看，他们掌握的比我们还多哩！什么道理？他们使用了先进的信息技术，很容易把有用的信息提取出来。

再从国家之间的竞争来看，我们知道，人类社会从一开始就有矛盾，解决矛盾的最终办法是战争，先是冷兵器战，后来发展到热兵器战，到第二次世界大战结束时出现了核武器。第二次世界大战以后，核武器和火箭技术结合，出现了所谓战略核导弹，由于它的破坏力极大，谁也不敢轻易使用，所以变成了核威慑，而真正打的不是核武器，是常规高技术兵器的局部战争。所以战争这个手段正在衰落。但这并不是说，世界各国之间的矛盾和斗争也在减少。相反，矛盾和斗争还是相当激烈的，只是斗争的方式主要变为市场经济战，这是当今的“世界大战”。我们今天应该研究世界规模的市场经济战，研究怎么打胜这场战争，不然社会主义在世界上就站不住脚。我看，当前我们在世界市场经济战中，很缺乏斗争的艺术和经验，办了许多傻事，吃亏上当。但是，我们党在40年代与国民党斗争时，其斗争艺术是很高明的。国民党那些党政军要人，在想什么，干什么，我们都清楚，所以采取的策略

都是有针对性的，针锋相对，恰到好处。但在今天的世界市场经济战中，我们都成了“老好人”，对外国厂家的情况，知之甚少，谈判时往往心中无数，这怎么行？因此今天，我们应该确立这样的认识：世界已经进入第五次产业革命，中国没有别的选择，只能参与到这场产业革命中去，参加国际竞争，主要是世界市场经济的竞争，这场竞争复杂极了。与第四次产业革命相比，那时的世界市场是幼年的，功能不全的。而第五次产业革命形成的世界市场经济，第一是世界规模的；第二是比较成熟的，结构、功能比较全，这是飞跃。所以，世界市场经济虽然在第四次产业革命中已经形成，但到第五次产业革命，它就达到了一个新的高度和水平。我们一定要抓住这一点。而目前，有关经济问题的文章和理论都没有说到这一点。毛病就在于他们的思想还停留在第四次产业革命，而没有进入到第五次产业革命。

以上讲的第四产业、第五产业的问题，我们要很好地研究。我想，这一切的理论指导，是辩证唯物主义的大成智慧学，其组织设计方法是大成智慧工程。所以大成智慧学和大成智慧工程要帮助解决建立第四产业、第五产业的问题。这其中有许多问题要研究。如《科学美国人》1992年12月期上有篇文章，讲的是用计算机来做市场实验，怎样找到一个平衡点来设置市场，而不会引起市场的大起大落。这种问题将来都可以用计算机模拟，从中找到目前市场中的问题，并加以解决，这仅仅是一个具体例子。无论第四产业还是第五产业，信息都是一个关键问题，我们一定要抓信息系统，即建立广泛的信息资料库及计算机网络系统。

五、关于市场调节自然和人力资源问题

现在报纸上一些文章常讲：市场可以合理调控和配置自然资源和人力资源，这当然是对的。但并不是只有市场在调控资源，还有宏观调控的作用。我现在要说的是，随着科学技术的发展，自然和人力资源也不是限定的，而是发展变化的。比如今天采矿，矿井顶多打几百米深。在某些情况下，如果不用人下井，让化学变化在地下进行，把矿产资源变成液体或气体抽上来，那么在这种情况下，矿井可以挖到几千米，甚至上万米。最近看到一条消息，说德国人打深井，到一万米，井下温度是300摄氏度。如果井深从几百米到几千米，地下资源不是可以成倍、成十倍地增长吗？地上的自然资源也不是限定的，比如，复合材料的发展，在许多情况下已取代钢铁，人类生产活动的发展，可以不受钢铁资源的限制了。科学技术当然也可以开发人力资源，现在，机器人就可以取代一些体力劳动。最近看到一则报道，说英国人正在研究人在地面怎样指挥和控制载人飞船上机器人的工作，这中间发射、接收控制信号有几秒钟时间差，可以通过计算机软件加以补偿，这样一来，人就不一

定上天了。因此，我想，在讨论市场可以调节人力和自然资源问题时，应该考虑到科学技术的力量。

六、结语

今天找诸位来，谈了这么大的一个问题，加上前次谈的大成智慧工程、大成智慧学，还有思维科学、人体科学等，需要我们去解决。我们应该感到高兴，因为我们看到了未来。在这里，我想用毛泽东同志讲过的一段话来结束今天的谈话："人类的历史，就是一个不断地从必然王国到自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。在无阶级存在的社会内，新与旧、正确与错误之间的斗争永远不会完结。在生产斗争与科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所创造，有所前进。"我们正是这样，有教训，有经验，我们要用马克思主义哲学来总结经验，就一定可以"有所发现，有所创造，有所前进"。

选自《钱学森文集》卷六，第279～287页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

我们要了解国外对复杂性的研究①

钱学森：所谓complexity的问题，很重要，今天就请二位先讲讲你们的心得，然后大家讨论，学习嘛，希望有所得，怎么样，你们讲吧。

（戴汝为：今天按照钱先生说的就是讨论complexity，我在国内了解的情况先讲一下。在两年前，中国科学院由那个叫做政策局的举行过一次会议，当时就是为了讨论这个复杂性。大概开了三天，老于和我一起参加。）

钱学森：香山科学会议？

（戴汝为：那个不是这个，就在科学院礼堂。）

（于景元：周光召也参加了，何祚庥也参加了。）

（戴汝为：您说的是另外一个在香山的。在这个会上，我现在回想起来，这个会那个问题没有弄清楚，那个主要讲的一些东西就是关于非线性系统，当然还讲了一点混沌，还有郝柏林讲一些符号动力学。什么是complexity，没有弄得很清楚，还有一部分做自动控制理论的人也参加了。在国内从做非线性的来说，在攀登计划里列了一项，就是非线性系统，是由科技大学谷超豪教授带头的，研究非线性和混沌等方面的情况。这是我了解的，在国内大概就是这样的情况。）

钱学森：他们对complexity是什么评论？

（戴汝为：这个工作是由科学院政策局来组织的。他们政策局不知道从那里得到一些资料，觉得这个事情是重要的，但是究竟是研究什么内容，其重要性何在，通过那次会议并不清楚。）

钱学森：最近又开了香山科学会，国防科工委科技委的陈能宽去了，最后他写了一个情况。我问了朱主任，以为朱光亚参加了，他说没有参加。

基础科学研究这在国外呀，没有知识产权的问题，所以国际上讨论是很活跃的，我们整个就跟不上。我认为这种讨论，很重要的是主持会议的人，看了陈能宽讲的那个香山会，恐怕你们那个会呀，主持人不行。所以这是我们要避免的，我们这个讨论可不能这样。

（戴汝为：我看了钱老提供的那些文章，我觉得complexity可以借鉴的就是圣菲研究所。这个研究所是1984年建的，而且是一个私人的研究所。他当时有几个诺贝尔奖的获得者，有一个物理学家叫做盖尔曼（M. Gell-Mann），那个人是搞交叉科

① 1993年4月23日与于景元等的谈话.

学的，是发现夸克这么一个人，然后到了1987年斯坦福大学有一个搞经济学的阿罗（K.J.Arrow），也是诺贝尔奖金获得者，还有另外一个奖金获得者叫做菲利浦·安德森（P.W.Anderson），是他们几个人组织起来的。现在我们知道比较有名的，做得比较好的，有一个叫做基因算法或者是遗传算法的，在国内有这样的两种翻译，就是做神经网络的霍兰德（J.Holland），他的工作绝大部分是一些比较好的。

我也了解了一下，像美国的National Science Foundation（国家科学基金会）都支持基因算法。我现在也很奇怪，就是为什么在神经网络的研究中，基因算法会得到有关方面的支持，后来我也弄明白了，这里可能是和圣菲他们所做的工作是有关系的，就是霍兰德的工作。

还有一个我已经了解到了就是叫柯普曼，这个人是医生，他所提出来的东西，我也得到了，我觉得还是很有意义的。

圣菲一直出版Proceedings，到目前为止已经出了好几本，我现在拿到的大概就有5本，一本就是叫做Complex System Dynamics这个是研究自动机的，还有一本叫做Artificial Life，就是李德华从爱丁堡带回来的，这个地方在做什么元胞自动机了，什么免疫系统了。另外，还有把经济作为一种进化的复杂系统来进行研究，这个今年也出了。还有一个是Neural Computing，现在也拿到手了。另外还有最近在北京刚到的，我把他们的目录也复制下来了，他们大概在1990年专门召开一个研讨会，有一系列报告，也请一些年轻人做一些工作，那个也编成一个Proceedings。

这个是一个大致的面上的一个情况，我觉得圣菲的工作可能是作为一个研究complexity的代表，就是我们可以看到，他是研究这种交叉学科，而且很多人原来都是做物理的。做物理的人，难免会受到他们原来研究的影响，我看他们的观点，就像钱先生以前说的，他们也看到研究物理方法方面的一些局限性。因为在物理，按照他们的说法，就是像从牛顿那时候所做的，就是钟表机械那种物理的性质，而现在面对的问题不是那样的。他们最初的时候，就认为现在所遇到的一些问题，用以前的办法来考虑，不可能解决了。他们那里举了一个例子，就是研究一些人脑，或者说智能怎么会出来，这些东西搞不清楚。还有就是经济问题和以往也不一样了，现在经济问题，尤其是股票市场出来以后，股票市场某些东西是不可预测的，有时候它出来，市场就垮了。像类似于这样的问题，他们觉得用以前的办法都不行了。所以后来就研究complexity，他那个地方还有一点像并行计算一样，我们常常说计算有什么空间复杂性、时间复杂性。这样的东西他们也在做，complexity也有所谓空间的复杂，因为你那个模式本身就是比较复杂的，另外就是随着时间来说也是比较复杂的，还有人脑的功能等等。我觉得他们说的这些问题，说得比以前要清楚，他可以有一个说法叫做complex system，就是这样的一种系统。我觉得他们的说法实际上

也没有超出钱先生所说的开放的复杂巨系统这样的一个范围，他的复杂性，就是有很多的部件。）

钱学森：他用的名词也挺多的，什么anti chaos。

（戴汝为：对，adaptive systems，self-organization，用了这样一些名词，但是作为系统来说的话，实际上刻画这个系统的复杂性，就在它的若干部件。那些部件有相互作用，交互作用的关系。交互作用的关系一复杂，这个系统就复杂了，他是从这么个角度来说复杂性。我的体会和国内的有些人的说法是不一样的，国内有一些做自动控制理论的人，受数学的影响太厉害了，他把描述的东西，在数学方面花了很多的工夫，搞得很复杂，把系统的模型也搞得很复杂。圣菲他们的观点我觉得不是，他们是研究这种相互关系，就是一种自然规律和它出现的behaviour之间的一种关系。所以，他强调behaviour，我觉得这一点很重要。现在为什么所做的chaos这些东西，non-linear，这和以前就不一样，和线性的东西很不一样。因为非线性的东西，他的初始条件变化一点点之后，行为就变化得非常厉害，就可能出现chaos那些东西，就可能出现混沌，出现极限环等。这些东西是很不一样的，而不是说结构非常之复杂。他讲的是行为，它是怎么样的东西，他讲的是自然规律和行为之间的关系。他举的non-linear有一个很有趣的例子，叫做蝴蝶效应，意思是说一个non-linear系统，只要初始条件有一点点的变化，就可能引起很大的效果。比如说，芝加哥天气的变化，很可能是因为很远的地方蝴蝶翅膀扇了几下引起的。）

钱学森：你说他们认为的自然规律，什么叫做自然规律？

（戴汝为：您说得很对，我觉得以前所说的，我们所谈的只是讲的某些物理的规律，我觉得我们讲的物理的那些，又只是牛顿的运动规律，那只是讲以前机械的东西里面的那些规律。像现在的一些规律，钱先生也提出过，比如说思维方面的问题，那这个规律就不同于以前的规律了，但是现在说不清楚。因为那些人就是国家实验室的那种人，他们物理的背景是非常强的，我觉得在圣菲工作的那些人，他们物理的基础是非常好的，他们某些东西的背景好像相对来说又不够，但是他们物理的背景方面是非常的强的。）

钱学森：问题在这个地方，规律当然是有了，我们要说的这个规律是宏观的呢？还是微观的呢？

（戴汝为：他的想法和钱先生的想法是一致的。钱先生从前跟我提出来过，我们要搞的是搞宏观，形式化，而不是搞微观的。像盖尔曼，他的观点就是这样的一种，就是你要有勇气看整体，你不要纠缠的看个别的部分。我觉得也是这样的思想，就是说部件本身的性质综合起来不等于系统的行为。我记得钱先生也讲过，印象也很深。）

钱学森：他那里头，我看这么一个核心的问题，他一切相信计算机，说人的脑袋去算从微观到宏观不行，现在我让计算机干这个事，计算机可以搞出宏观的东西了，确实他们也做了一些实验，好像也可以，他们就很相信这个东西，但问题是现在的计算机够用吗？再大的计算机应该说还是不够的，所以他们现在的工作，我看了半天，我觉得是有点希望，什么东西呢？就是用现在的电子计算机已经能够发现从微观想象不到的一些宏观结果。这个是他们做了很多的工作，实际上和从前所谓的博弈论的方法也有一点像。这个工作他们做得非常对，说的这些东西都是这样的，我觉得这一点，我投他的票，还是有贡献的。他从完全是还原论的方法解脱出来了，这个我要给他打分，这个不错。但是我想了半天，由于他太高兴了，一下子以为蹦到天上去了，实际上，他的方法和计算机现在都仅仅是开始，计算机还不够。所以，他们这些结果只是给我们一些启发，而不能说解决了他们叫complexity，我们说是开放的复杂巨系统的问题。我也不是说他们都不行，他们也有贡献，他们用电子计算机，用他们的这些方法，找出来一些想不到的“宏观”的规律，这个宏观是带引号的，因为这个宏观不够宏。但是他们一下子就相信了这个东西，这是他们的局限性，是不是这样的？

（戴汝为：就像您这么一说，我的感受，就是我觉得，他们也说了，现在complexity这个东西，也有这种问题，用数学描述的话，肯定是不够的，因为以前就不够。我觉得，现在他们做的工作，就是建立模型是用计算机来计算、建立模型的。这一点是可取的，已经超过了从前完全搞传统的自动控制理论，还是用mathematical model，做模型的这块就有问题，而他们这些做的模型是个估计，他们用计算机，而且有一些说法就是evolution，想办法怎么样建立这种模型去体现出他的进化性，我觉得这一点他做得还不错。）

（于景元：也不是模型）

钱学森：他做这个模型好处就是这样的，他给它许多概率的自由性，不是完全固定的。让概率的规律自己去找，只是给一个要求。这个跟后面计算里头的game theory不一样。原来的问题我没有办法解释它，怎么样呢？好了，我就让它自己去碰，但是怎么个碰法，还是有要求的，那就是按照这个碰法，最后能够得出一个结果来。你看它用的那些东西，模拟生态的问题啦，模拟经济学的问题啦，模拟股票市场的问题啦，就是这个东西。但是他们的做法对我们有个启发，居然行，能够给出一些宏观味儿的东西，这一点很重要。所以，我觉得过去我们对他们这个工作注意不够，我们没有抓住这一点，但是他们现在的缺点就是上了天了，以为这一下子就解决问题了，这又是过度的乐观。你让它解决美国经济问题行吗？所以这就是他们的局限性，而他们的局限性是什么？就是没有辩证唯物主义，还是机械唯物论

的，又回来了。

这个叫盖尔曼的是自鸣得意的不得了的一个人，受他的影响就糟了，那个人就是那么一个人。所以没有让他当圣菲的领导，他当了以后人家受不了。Science American有一个记载，说他说的很有意思，有一个记者去访问他，他最后上飞机，他说我要上飞机去了，我一定要赶到头一个进入飞机，但是他身上带的钱不够，可能到了洛杉矶还不够付计程车的，记者很好，他写了一张支票给记者，让记者把钱先给他，结果妙就妙在这儿。他已经到自动电梯这儿了，还回过头对记者说我给你两张支票，也许你用不着兑现，因为我的签字是值钱的。这个人虽然是个诺贝尔奖金获得者，真是狂妄自大到这样的程度了。不过，盖尔曼他说了一句话是对的，他说"complexity这个问题要宏观地看，这是最主要的，就是乱猜的宏观，也比你微观去估好"。他这句话是对的，所以我看他们就是这么一帮家伙，有他聪明的地方，但是也有局限性。

（戴汝为：我的体会是这样的，像霍兰德做他那些工作，他就认为，用计算机、程序等等，多少可以体现一点，能够进化的。因为他相信达尔文的进化论是自然选择的，所以他的考虑，环境里头也是可以进行自然选择的。这个事情到后来有一个叫做考夫曼的，他发现光自然选择是不对的，是不够的，他还考虑应该有内部的自组织，就是哲学上来讲的外因和内因的关系。Natural selection那是外因，从前霍兰德就光在那儿弄这些东西，要把它去实现。考夫曼就认为，光natural selection是不行的，而且需要有self-organization，这是内因。内因是根据，外因是条件，他就是碰了半天，遇到了这么一个正确的捷径。这一步是跨出了很大一步，可以说是the marriage of natural selection and self-organization，他得出这个结论，用他的哲学的观点来说，本来就不是那么一个观点，后来这个事情就变成很自然的complexity。

另外我觉得他们有一些idea，我觉得现在有两点是可以说的，当然像evolution是很重要的。）

钱学森：达尔文也不是那样，他说的是物竞天择，就是靠内因，他们把它简单化了，说只是外因。

（戴汝为：我觉得现在complexity里有很重要的一些idea，其中一个就是order。从前钱先生也说过，生命系统和非生命系统，一种是有序的，一种是完全无序的，这个从前讨论很多。我觉得他们提出的一点，在考夫曼的工作中，可能还是有意思的，他提出the edge of chaos（混沌的边缘），这件事情可能是比较的重要的。一个chaos是很乱的，那么另外一个是很有序的，中间有一个transition的区域，而这个区域是至关重要的，这个可以说两者平衡的，可能偏到了那个混沌地方去了，也可能偏到有序的地方去了。他认为所要做的就是用learning或者是selL-organization来促使

你保持住，不让你产生那样一个混沌。所以，他的idea提出以后，我觉得这个想法还是比较可取的，他的这种想法已经在complexity里被认为是很中心的思想，这些思想比之前的有很大发展。

我觉得考夫曼所提的另一个idea还是比较有意义的，而且也是符合辩证法的，当然不仅仅是 natural selection，还要加上另外的selL-organlzation，而selL-organlzation是保持或者是达到维持在the edge of chaos这样的形式。我觉得这个观点可能是一个有意义的，值得考虑的。

考夫曼还做了一个什么工作呢，就是有很多的单元组成的一个系统，其中一个单元是否激发，只是靠周围单元对它的作用，这样的一种network，可能是几条简单的规律，就可能产生一个混沌，或类似的东西了。我最近找了一个学生，让他也按照考夫曼提出的办法做了这么一个实验，比如说找出一个什么样的条件下，你就能产生混沌。考夫曼是从这样的工作研究起的，后来也另外做了一些工作。他们研究的complex system就是做网络，是做随机网络。像霍兰德，他所考虑的问题就是ANN，就是adaptive non-linear network（适应性非线性网络）也是网络之间相互作用的关系。这里强调的是单元之间的相互作用，以这样的东西做模型。）

钱学森：我看这两个人的工作都没有很强调竞争。系统演化的规律是人为给定的，比如股票市场的这个模拟，规律是教授给的，教授假如把这个规律变了，结果就变了。这就是我们说的宏观控制，市场的宏观控制，这个他不强调是不对的，所以是不是有这么一些问题在里面。

（戴汝为：我再说几句，1990年我和老汪都去参加国际人工智能大会，大会上有一件事情，就是MIT的一个年轻人叫布鲁斯，他提出一种看法和传统的看法很不一样，他不是从底下向上，而是从上面向下考虑的。他的观点当时所标榜的也是作为进化的观点，他里头还有一个说法我觉得也是比较好的，在建立模型的时候不光是给对象建立模型，而是给对象和环境一起建设模型，这个思想是非常对的。比如我们过去所说的，对控制系统建模，主要是对被控制对象来建模，控制又是系统自己本身在那儿去控制，没有环境的东西。实际上应该是对象和环境一起建立一个模型，系统本身有他控制的东西，外界有selection这样的东西，然后那个系统learning，实现SelL-organization。这样的话，我想就符合了辩证唯物主义。因为都是一个整体，你把它分开了硬要那么去做，只考虑对象，不考虑环境，当然就是不对了。所以布鲁斯当时所提的思想，一个是进化的思想，一个是环境和对象一起来建模的思想，我觉得是对的，这个在会上引起很大的反响。

感知和思维本来就是一体化的，你一定要把它分开说：这个是推理，是解决思维问题；那个是感知，是解决五官这套东西，这就是人为地把它们分开。由于方法

上的问题、思想上的问题，把一个客观世界人为割裂开来，这是错的，以此做出来的结果也就难说了。所以我觉得把它归结出来，应该是我们说的natural selection和SelL-organization，还是这个问题，当然这里没有考虑加人知识的东西，外观上来看也应该这么做，大概才是比较合适的。所以看看考夫曼他们的工作，我很感慨，他并不是很自觉的这么考虑的，他是碰了很久才碰出这么一个结果。

从他们所研究的范围，跟开放的复杂巨系统的范畴来比较，他所研究、考虑的没有超出这个范畴，而且对开放性的东西，他们讨论得比较少，从系统内部件之间的相互作用这方面考虑得比较多一些。

另外，他们还有一点不足的，也是因为我们做了工作才知道的。他们对人脑没有从思维和智能的东西去考虑。应该承认，从空间的complexity和时间的complexity上来考虑，恐怕就是思维的问题。人脑的问题，这是最复杂的问题，在圣菲那里，大概没有人做有关智能的东西，但是我们现在还有人在做这方面的事情。而且我这里说一下，最近美国的费根鲍姆（M.J.Feigenbaum）他们建国家图书馆、大的知识库这些东西，我们有几个学生也进行了分析。这些东西为将来建立从定性到定量的综合集成研讨厅都是必须的，是在那儿做准备的。但就这个体系现在来分析，兰顿（Lanton）和费根鲍姆他们已经有一个看法，现在就是在做具体的工作。他们认为下一步要做的工作就是人和机器如何能够很好地在一起，充分地发挥作用。所以我做了一些比较，按照费根鲍姆他们现在所做的，或者将来他们所要做的东西，实际上钱先生已经提出来了。我觉得，在人加到系统中之前，还要考虑生态系统的一层，考虑人也有那种单人，进一步才是人的集体，不能是完全的计算机的程序，要考虑一些动物的成分在里头，包括人的一种状况。钱先生所提的那个体系，就是从定性到定量的综合集成的方法，以及研讨厅体系，应该说已经概括了现在国际上的这些工作，我们将来努力去做的目标，也是这一点。

我觉得很可惜，以前研讨班就没有安排讨论一些大的知识库，知识共享的社会型的东西。钱先生很早就提出来要做社会型的，类似的这样一些东西，这样一些系统我们一直没有具体的工作。我认为国内做自动控制的，做复杂系统的那套做法方向不对，他是把数学搞得很复杂，建模一个劲地往数学方面去做，你看上去很吓唬人，好像很复杂，实际上并不复杂。我觉得复杂性并不是体现在用数学公式用的多少，而且数学用得太多并不见得是好事。

现在我们说的行为有不同的模式，各式各样的东西出来，这个研究我想也是刚刚开始，我们怎么进行自组织、自适应，我觉得再用learning一些东西，也可以去做，有一些招我们也可以去做，有些途径了，我们这么去做，做出来的话，可能比他们做得还要好。就是用了计算机，也明白了，因为他在那里碰了很久以后，指导

思想有一定的问题，就带来这样的结果。如果我们现在有很明确的思想，而且这个体系已经有了，总的框架也有了，那就是做具体的工作，而且如果我们分析他里面的不足，工作一定可以做得比他们还要好。但是有一点，他们搞了institute，大大方方在那里做，又是proceedings，又是Seminar，搞得比较活跃，我觉得美国那边学术民主搞得好。他们说在大学里面的研究所气氛还不够活跃、不够民主，他就搞了这么一个体系。我们就不大容易了，现在经济问题是比较重要的问题，大家关心学术问题反而很差。实际上，这是一个现实的现象，但是从学术上来看，我觉得还是了解的。钱先生也给我们寄过材料，霍兰德早就寄给我，但是看了以后没有感觉到什么。人的思想是有一个过程的，当时没有体会，现在反过来看了以后，就觉得有些东西明白了，所以今天说的这个也是一知半解，说得不对的地方请大家批评。）

钱学森：我才是一知半解。

（汪成为：我接老戴说两句。我和他很接近。老戴刚刚讲的，我很同意，我汇报一下围绕这个有一些什么想法和做法。

自从复杂性的问题提出来以后，我就在琢磨，我对霍夫曼的工作比较欣赏，他的有些工作我觉得做的路子比较对，应该说和老戴刚才讲的非常吻合，因为我觉得，对于目前我们研究的问题，我们的长处是对自然辩证法发展规律比较掌握，所以得从宏观入手，另外一个应该从人机结合的办法来做，由于在搞863，我觉得还应该从脑科学的角度，就像刚刚老戴所说的智能的形成这方面的角度去做。所以，我像小试验田一样，做了一点点事，来汇报汇报。）

选自《钱学森科学技术思想研究丛书》：姜璐编《钱学森论系统科学（讲话篇）》，第111～118页，北京，科学出版社，2011年12月第1版。

研究复杂巨系统要吸取一切有用的东西[①]

现在人们写文章很少有分析、评论别人的东西。为了建立我们自己的理论，对别人的东西一定要进行分析，说明它有什么优点，有什么可取的；有什么不足，不可取的。这个工作现在要做，不做不行。比如说对系统动力学理论，在今年的《系统工程理论与实践》第一期上已经有人对它进行评论，这个人叫郭庆才，是武汉经济研究所的。他把投入产出法结合起来讲。他说，系统动力学提出20多年了，实际上并没有被应用，只有投入产出法一直在用。他讲的系统动力学不足的地方，要认真地分析一下，看看有什么可取的。还有邓巨龙提出的灰色系统，其实，我们的这个方法，即从定性到定量的综合集成法，是真正把灰色系统概念用起来了。我们说的专家意见，每一个专家都是一个灰色系统，我们想办法把所有这些灰色系统的焦点，即其中最明智、最不灰色之点先用起来了，而且解决了灰色系统的灰度问题。还有像吴学谋的泛系论，能解决什么问题？另外在我们讨论的范例中，选的是王兆强的生态序。什么生态序呀？其实生态序就是宏观规律。现在又看到戴汝为同志主办的刊物《模式识别与人工智能》第一期上刊登清华大学赵南元那篇“广义进化论”，也要好好读一读，看对我们的工作有无可取的。还有什么？刚才我已说了几个方面的问题，可能还有别的东西，我们要分析。有可取的，都要把它吸取到我们的理论中来，真正建立大成智慧工程和大成智慧学。要谦虚谨慎，这样我们就可以提高。像刚才讨论的美国圣菲（SantaFe）研究所的工作，确实有可取的东西。将来我们做社会经济问题，可以用他们那个数学，上计算机计算。计算的结果也算是一个专家意见。所以，虽然不是最后的定论，但它也有一部分用处，特别是对于将来情况的预测。因专家们的意见都是根据过去的经验总结出来的，将来我们的社会发展这么快，专家们有时候也跟不上，怎么办呢？那倒可以参考他这个东西，也作为一个计算机的“专家”，提供出来。

将来我们这套方法建立起来，对于更大的问题，甚至中央设想的决策，都可以上计算机试一下，看看结果到底怎么样。现在有许多政策不敢贸然出台，就是怕惹出什么事来，谁也说不清楚。我们搞的这个综合集成研讨厅，是集大家的智慧。但现在的情况是，开会的时候大家思想不活跃。科学院搞的香山会议是个好形式，但我认为，这种会议很重要的就是主持人怎样引导。如果他尽说些官样话，那就解

---

① 钱学森1993年4月24日在系统学讨论班上的发言，收录于《创建系统学》，山西科学技术出版社2001年11月出版。

决不了问题。在我们的讨论中，如果没有混沌就说不出复杂性这个结论，先要“混沌”一下，然后才“有序”，没有这个混沌，你的认识上升不了。市场经济也是这样，小范围看是混沌的，整体看是有序的。现在的问题是许多中国人喜欢跟外国人跑，起先不知道什么叫复杂性，一听说外国人在搞所谓复杂性研究，就满城风雨都是复杂性。我看我们这个复杂巨系统理论比外国人的复杂性理论高多了，因为我们这个理论体现了马克思主义哲学思想，我们把自然科学与马克思主义哲学结合起来了。中国的问题在于，搞自然辩证法的就搞自然辩证，搞科学研究的就研究科学，两个不搭边，各说各的。我觉得搞自然辩证法与搞自然科学工程技术的要团结起来。一方面，自然科学、工程技术的成果要吸取到自然辩证法里，来深化并发展自然辩证法，而自然辩证法又一定要作为工程技术和科学研究的指导。

选自《钱学森文集》卷六，第299～300页，国防工业出版社，2012年1月地1版。

建立总体设计部一定要有中央的支持

—1994年3月5日在马宾、于景元等向宋平汇报时的插话

钱学森：现在知道，总书记是支持的，其他领导也是支持的。

（马宾：同时也有这个情况，认为这个问题也有一定难度。那天我们把这个事情跟领导同志谈了一下，他有几条意见：中央是重视的；这是正确的、科学的办法；这个事情是要做的，中央是一直在努力的；那个时候财经小组还没有，现在财经小组建立起来，看这个情况需要由领导讨论，正式决定以后来干。

我把那天关于总体设计部的意见，简单讲一下。总体设计部整个材料大家都知道，钱老也很详细地阐述过。

第一个问题，关于决策的基础问题，数据材料问题。现在我们决策的数据材料不能说没有；比方说国家信息中心、统计局、中央银行、财政部，其他各个部的数据，还有国务院研究室、研究中心等。许多地方的数据材料都非常多，研究机关也很多，人员也很多，但是数据都是很不权威的，有几个。我们需要一个是实实在在与实际相符的数据，而且要是及时的，反映问题能够同步。你来的信息不同步就不能解决问题，这个及时，那个不及时，也是不行的。信息主要是及时、准确。

第二个问题，在决策程序上，现在决策程序还是比较征求大家意见，比较民主的。但是开会征求意见，这么多人临时提出你的意见和他的意见，出来的东西是大家的意见，最后没有一个人有系统的思想在这里总结。这种情况下出的文件是大家商量的，没有专门的人来负这责任了。后来很多资料都没有数据库存起来，想要查，到哪里去查，提出不同的意见，根据在什么地方，这样不行。在这个问题上，特别是需要有人集中，有人负责统筹，而且原始资料要保存起来。）

钱学森：我们是社会主义国家，比美国资本主义好一点。我有个老同学，他们前几年回国来访问，他说你不知道，我们现在比咱们那个时候还难，无论什么事，管我上面的头儿总有十几个，我都得去报告，他们这十几个又凑不到一起，这个真难啊，难极了。

（马宾：这种情况下，决策就很容易变成很偶然。上面决策的人能够听下面的同志反映，而下面同志的发言以后，没有能够经过全面综合考虑问题的班子和机构来整理，然后再来决定事情。

从时间上讲起来，常常做了一个决定以后，但是没有几个方案。如果有综合部门的话，在决定之前，除了几个方案可以备选以外，还应该考虑这个事情贯彻了以

后，可能产生什么样的结果，要动态地跟踪，看这个情况。这个机构各个部门都应该有的，但是中央总的方面缺乏。总之，这个总的是要跟踪的，不是说我们什么事情都自己做，有这个机构可以有人专门来了解情况，出了问题及时解决。

我的希望是一定能够建立起来，要组织这个机构。这个机构要有硬件，一定要有数据库，应该有计算机室，应该有研讨厅，对各种方案、各个情况，能够在数字和图表上很清楚地表达，可以综合表达方案的变化。我们的历史上也从来都是这样子，过去当县长的时候，要想当好县长必须有个绍兴师爷，绍兴师爷是能够帮助他的，困难的时候问问他，有什么办法。）

钱学森：钱学敏，我们在这儿宣传的行业，我们的祖宗就是干这个行业的。

（马宾：摇扇子，抽烟袋，戴瓜皮帽的。他们要为国家和社会的，搞这个工作的人肯定是无名英雄，要不讲名不讲利的，而且要忠心耿耿。

我要提出到这儿来工作的人要约法三章，第一，你可以看材料，无论如何不能跟外面联系，不能与国外联系。第二是国内这些东西也不能自由地通信息，随便告诉其他人在这里搞个什么项目，在那个地方又搞个什么东西，这个事情一定要有严格的纪律。）

钱学森：这些事恐怕宋平同志是知道很多的，他是计委的主任。必须有一个数据，自己就是一个系统，应该有多种方式去测验。比如前一阵子我就听到林业部的消息，林业部统计上来的森林面积有多少多少，但是人造卫星照相啊，根据照相的图片来算森林面积没有那么多。现在请于景元同志讲讲，然后大家再补充。

（于景元：在钱老的指导下，我们几位同志近年来一直围绕总体设计部等有关问题进行研究。）

钱学森：宋平同志是我们试验的第一个支持者。我一直记得那个时候，80年代初吧，您就注意这个问题了。我记得有一次是中国科协开会，您就组织了一个座谈会。所以宋平同志是系统工程、系统科学的中央的第一位支持者。

（于景元：下面主要谈两个问题，从大的框架来讲，这个事为什么我们觉得很重要呢，八大的时候毛主席有一段很重要的话，“指导我们思想的理论基础是马克思主义，领导我们事业的核心力量是中国共产党。”现在看来，保证党领导的正确，需要决策正确，这是重要的。怎么能保证决策正确，我理解钱老从70年代末一直到现在，推进系统工程总体设计部这些问题。我想在决策意义上关系重大。

在钱老80寿辰时我们举行了一个学术讨论会，在学术讨论会上我有一个发言，当时对钱老思想的理解大概有这样的认识。钱老提出了复杂巨系统和巨系统的方法论，得到了明确的结论。第一，科学研究方法不是还原论方法，而是从定性到定量的综合集成方法，或信息综合集成的技术。第二，在技术方法来讲，不是简单处理

实际问题，而是采用系统工程的技术，实践上是总体设计部的实践方法。这样在科学、技术、实践的不同层次上，体现了研究、处理和解决复杂性问题的一整套方法论。我想这是钱老在系统科学理论上的重大贡献。从这个角度来看，总体设计部是实现综合集成方法和系统工程技术方法的一个实体机构。现在从中央领导同志的讲话，我们经常看到，“改革开放、社会主义建设是一场复杂的社会系统工程”。我理解这不单单是一个提法，还需要按照系统工程这样一套技术去解决我们所面临的实践问题。从这个意义上来说，如果没有总体设计部这样一个实体机构，那么系统工程的实现就等于落空了，所以这个事情非常重要。1991年钱老向中央汇报了总体设计部的有关问题，提出了总体设计部体系的建议，从那以后在研究方面最重要的进展，就是钱老提出了从定性到定量综合集成研讨厅体系这样一个思想和大成智慧工程这样一些概念。

钱老在给王寿云同志的一封信里明确提出来了，研讨厅体系是我们总体设计部工作的一个方法论基础和技术基础，所以很重要。对研讨厅体系，钱老在信中至少提了九个方面：一个就是几十年来世界学术讨论班的经验，几十年来的实践证明这是非常有效的；第二、C3I的作战模拟，指挥、控制、通信；第三，从定性到定量综合集成方法；第四，情报信息技术；第五，产业革命，关于这个问题，这次《光明日报》的文章把这个问题说得清楚一点；第六，人工智能；第七，灵境；第八，人机结合的智能系统；第九，系统学。钱老在这封信里当中，认为研讨厅体系是把这九个方面不同层次的问题有机结合起来了，从而构成了研讨厅体系。

我理解研讨厅体系实际上是由以计算机为核心的高新技术成果构成的，它和专家体系有机结合，构成了一个高度精密化的人机交互系统。这个系统概括来讲可以理解为由三个体系构成：一个是专家体系，这就是人；还有一个是工具体系，我理解工具体系就是我们用高新技术装备起来的一套机器设备；第三，知识体系。知识体系从现在来看可以概括为三个层次的知识：第一个是人类实践获得的经验知识，这类知识的特点是只知道是什么，不知道为什么。再上一个层次就是科学知识。科学知识是指现代科学技术体系，现代科学技术体系从目前国内比较普及的看法，就是指社会科学和自然科学的知识。后来钱老有一个关于现代科学技术体系的划分，他提出十大科学技术体系、三个层次，这些是科学知识，不仅知道是什么，还知道它为什么。当然，最后一个层次，更高层次是马克思主义哲学，这个是人类知识的最高概括和最高智慧的结晶。这三个层次的知识构成了一个体系。在我们的研讨厅里来讲，知识体系的载体是专家体系和工具体系。工具体系利用现代技术手段，甚至可以把很长历史时间以前的知识存到这套工具体系里去，也可以现实收集、采集一些知识。这些知识包括方才谈到的数据及数据采集问题。现在我们的数据统计出

了一些问题，有的是体制问题，有的是技术手段问题等等。利用现代一些技术手段，建设这样的数据库、运送规则、人机互动机制，就成为一种具有纵深层次、横向分布、交互作用的矩阵式的研讨厅体系。这个体系不仅具有知识和信息的采集、存储、传递、共享、调用、分析和综合等功能，更重要的，因为这是一个高度智能化的系统，它能产生新知识，所以它是知识的生产系统。这是什么意思，我的理解是，一个是专家体系，这是高智慧的，再加上工具体系交互作用，在已有采集到的知识的基础上，还能产生新的知识。我们研究实践问题的时候，能给出实践问题答案，告诉我们怎么做。研究理论问题的时候，能够得到新的结论。这样一个研讨厅体系在功能上来讲是具有综合各种知识的，这里包括经验知识、科学知识、定性知识和定量知识，实现从定性到定量认识的这样一种功能。这是对研讨厅体系功能上的认识。

另外我想从思维科学角度来看，研讨厅体系充分体现了社会思维的特点，并给出了具体实现社会思维的方式。所谓社会思维，我理解不是一个个人思维，它是一个专家群体相互讨论问题，互相激发，这样一个社会思维问题的方式，就是集体的智慧。

从科学方法论来看，研讨厅体系方法论是一个很大的前进。第一，从认识论来看是符合马克思主义认识论这样一套科学方法和实践方法的。它体现了从感性认识到理性认识的这样一个马克思主义的认识过程。第二，研讨厅体系发挥了自然科学定量研究方法论的长处，因为定量研究才能使得研究进入精密化。同时，它还弥补了社会科学定量研究的不足。当然社会复杂，这是事实，但是不能不说，社会学的研究这些年来一直就是以思辨和定性描述为主。科学技术发达以后，能够提供给我们这种技术手段，使我们对这种复杂性的认识可以逐步进入定量化，达到精确的认识，研讨厅体系有这个功能。我记得钱老在给郑必坚同志的一封信中谈到，综合集成方法就好比是社会科学中的微积分。第三，研讨厅体系避免了还原论的倾向。我想我们受到的教育，在科学这个角度来说，是还原论的教育，对任何问题我们都习惯分解；分解，再分解，把复杂问题化成多个简单问题的叠加，对这些简单问题分别进行推理，得到可以说明局部问题的结论，然后简单加起来就认为是复杂问题的结论。后来了解到这种研究方法的弊病，但如何改变过去研究的弊病，提出新的方法，一直到钱老提出了综合集成研讨厅体系，才从理论、实践两个方面解决了这个问题。）

（中间大家看了一段录像）

钱学森：红旗渠的特等劳模任羊成的事迹，很动人，我为什么请大家看这个呢？就是我们这个班子要有成就，就要向劳模学习。我们现在的工作很艰巨，这个

比修红旗渠决不低，很困难哪。因为情况很复杂，这几年我才知道这个事情，很不容易。因为我们要做的这件事情实际上是一场革命，要对过去的那套东西进行很大的改革，这是不容易的，所以我说我们要向任羊成学习，向劳模学习，我们要艰苦奋斗。

（宋平：现在我们决策很善于手工业的方式，顶多发展到靠个研究室，熟悉一下资料，写成文章，然后加以取舍、判断，文章能讲通了，或者与中国建设大致是一致的，这个就算是过去了。这一关过去了，下一次决策又从头再来一遍。他不知道现在社会已经发展到这个地步，信息量这么大，事物之间的关系这么复杂，一个决策不是一个部门单独能定的，需要整体。什么事差不多都需要整体考虑，工资也好、物价也好、税收也好，哪一个东西一个部门能定呀？定了以后，影响的面也是很大的。但是我们的领导决策，还没有意识到这个的迫切性，所以我觉得这个事情还得宣传。钱老的方法论我是非常的欣赏，但是我讲不清楚，我希望你们这些讲得清楚的人，还得宣传。现在的决策不能像以前了，是需要下点工夫的，需要一个科学决策的实体体系。

毛主席可以找几十个部门谈话，找农民谈话，找工人谈话，与他们交换意见，这中间，你讲人机对话，他讲人人对话，对某一个问题反复地修改、修正，然后他集中起来，所以他的影响是很大的。连毛主席都要谈几十个部门，你像我们现在，第一也没有那么大的精力，事情又那么多，你都靠他一个人去谈，确实也很难，最后当然还得要谈。但是怎么能够简化一下，科学化一点，更系统，用系统来支持他，使他的工作量能够减少一些，可靠性能够加大一些。我看钱老这套办法就能帮助我们解决这个问题。）

钱学森：我有这样的体会，我们搞两弹的时候，那个时候意见也很不一样，那个时候就是中央定了，而且那个时候周总理亲自来找我谈，日常工作聂荣臻元帅搞，这样才行。我们是党领导的，没有党中央的决定不行，这个决策是最高的决策，一定要做到先决策，然后一点点的来做。你们几位再补充吧。

（王寿云：我们做实事，为群众做事情，科工委和科技委分工我与搞国防和搞系统分析的人联系。现在我们每年开一次年会，去年的年会就宣传钱老这个概念，定性定量相结合的研讨厅体系。现在国防口搞系统分析的专家都赞成钱老这个意见。今年要开会，这次我们要实现钱老的这个想法，其中有一个很重要的题目，就是要研究建立加强体系对抗研究，建立一个统一的国防防空网，把钱老这一个思想用在国防口，在系统分析上实现。现在根据准备情况，也是多数专家都同意的一个方向，经过1994年和1995年的工作，成为可以抓得到的一个东西。

比如用钱老这套办法讨论打仗问题。我们事先要建立模型，现在的模型有两

种，一种是很脱离实际，一个是很实在。我们不允许它脱离实际，脱离实际就要死人，就打败仗，所以作出一些模型都是比较好的，包括在干扰的情况下，怎么反应，怎么样打，打的效果怎么样，都是事前要搞顶层设计的。用正反两方面的案例，从以色列做的工作来看，也坚定了我们的信心，就是钱老所说的这个框架实际上是可行的。我们现在在会上统一思想，找到一些实现这个顶层设计的方法、途径。现在的战争是非常复杂的，我们已经可以实现体系对体系的对抗。我们在国防口先做点工作，因为国防口都用仿真，对钱老这套方法比较熟悉，我们正在研究如何把它们用到高层决策上去，让领导干部原来熟悉的做决策的方法——民主集中制的方法，再加上科学的手段，再加上定性的描述和定量的模型，做出一些实际的东西来。）

（汪成为：很简单地说两件事，一个是说一个例子，第二是说一个建议。

咱们国家现在发展得很快，最近我参加了几次国家的会，讨论所谓三金工程：金网、金卡、金桥工程。在讨论的过程中，我心里很担忧，我觉得就必须要有国家的，从顶层高层次的统一设计，否则容易把好事办成坏事。为什么呢？我说三个事情。

第一，现在各个单位没有算全国联网了以后，我在网上要设立一些什么数据。我曾经问过几个单位，你每天有多少的数据要送到上面去，有多少数据要横向送的？如果这么一算的话，将来这个东西很可能就是高速公路建上了，路上没有车跑。或者说这个车跑的不一致。因为没有总的抓，马路究竟修多宽，可以跑小车，可以跑大车，甚至要跑非常大的车，就是没有统一的规定，需求不清楚，先建马路，而没有车，或者车跑的型号不一样，型号不一样连立交桥高矮都很难修，这是第一个问题。

第二个问题，我参加了几次会议，我觉得很多单位是屁股指挥脑袋在提意见，从自己本部门的利益出发，对总体发展提意见。我作为一个被邀请的专家坐在那里讨论，我觉得，参加会议的虽然也是专家，但是由于他的屁股上已经打上的单位的烙印了，现在的屁股上不是打上阶级烙印，而是打上单位烙印，部门烙印，所以他就是用屁股指挥脑袋，发表了很多的意见。

第三个问题就更糟糕，就是外国闻风而动，“八国联军”联合侵入。国外公司分别通过国内有关系的单位来施加影响。我认为像这么大的工程——三金工程，要全国联网，全国用金卡，海关联系，没有一个顶层的总体设计是很容易把这个事情做坏的，因此就这么一件事我想说一下。

因为这是跨世纪工程。第二个我在想硬件这方面的问题怎么解决法呢？我认为还是可以解决的。

一个就是说，必须要有一个非常大的机器。第二，它一定要联网，而且要有软件，要有人工智能的技术，因为你还要语音输入、声图文一体化等等，否则专家就很难和机器对话。我觉得有两个途径可以解决钱的问题，而且很可能还把关系理顺了，一个就是863和现在正在酝酿的超863计划，其中已经有信息领域，包括有通信、人工智能、生产自动化等。它本来就有这个领域，计委专门有这个钱。所以我想可以把863的经费用到这方面来。在总体设计的情况下，比如关于计算机联网的问题，就交给通信专家组，关于智能接口这方面，交给863的智能组，我觉得都是可以的。第二个建议，我觉得也不必买国外的大机器，因为像科工委目前在做的银河3。今后的银河3也是一个分布式的，一个联网式的，这么一个体系了。我觉得本来国家出了钱在做银河3，它是几百亿、上千亿的机器，逐步的实现，方案也适合这样的用处。所以我觉得主机用银河3，逐步升级，然后用863和超863的经费，在这件事上，哪怕是管理的经费都可以解决。）

（钱学敏：我没什么补充，我就觉得钱老提出总体设计部的思想，不仅对党中央、国务院作为咨询及科学民主决策的咨询结构来说是重要的，对于各个重大问题的研究，其实都应该有这样的一个总体设计。我在学校里面工作，现在我们各个系，各个专业，越分越细，研究生也是。搞社会科学的研究生，不懂自然科学。搞社会科学里面也要分得很细，他一辈子甚至就研究一个德国不著名的哈贝马斯，其他都不太懂。这样将来作为国家的人才，作为科学技术的帅才，就比较的费劲了。所以这也提出一个对于教育改革的问题，怎么样培养学生，怎么样培养人才，注意培养全才，不要偏，不要太专了。注意全才，这样才能适应新时代的要求。）

钱学森：好吧，我讲两句。我们最近又在想一个问题，刚才说的关于总体设计部这方面的问题，我们继续研究总体设计部要用的方法，主要是科学技术的方法。我们回顾中国的近代史，中国从前是一个殖民地、半殖民地的国家，在毛主席的领导下，我们实现了一次大的革命，我现在把它叫做现代中国的第一次社会革命。我们把一个贫穷落后的、受人欺负的旧中国，变成社会主义的新中国，中国站起来了，这是一件了不起的事情。这个过程在50年代完成了，现在我们是根据邓小平同志建设有中国特色社会主义的这套理论进行的，我把它说成是现代中国的第二次社会革命，是用社会主义市场经济的方法来建设中国，而中国又是改革开放的，是和世界整个社会结合在一起的，那么这一个过程估计要进行一段时间，可能到21世纪初。

做理论工作的同志就得想一想，用社会主义市场经济的方法来完成社会主义初级阶段建设的这么一段时间，我们紧接着以后应该跟上去，进行后一段的工作，就是现在中国的第三次社会革命。那么什么叫第三次社会革命呢？什么是21世纪的世

界呢？现在看起来，首先有信息革命，我把信息革命叫做第五次的产业革命。这是不得了的一件事情，是产业革命，因为他要整个改变我们的社会生产的经济体系。

还有一个现在已经露了苗头的，就是农村的改革。这个改革就是农业，实际上是把农林牧副渔，加上工贸生产结合的，农村实际上逐渐的变成小城市。这个变化已经露出苗头了，先进的农村都在走这条路，像苏南，还有浙江一些地方都出现了。这也就是说，工农业的差别、城乡的差别要消灭了。这个前途，我们中国不走像美国、欧洲国家走的那条路，就是破坏农村建设城市，我们是把农村建设成小城镇，提高了生产力。第六次产业革命，现在已经有苗头了。

还有一个，现在看起来一定要解决的问题，就是人的问题。刚才钱学敏同志已经提了一下，就是人哪，这个脑袋要改造。我们现在都是强调专家，其实这个专哪，不全这个专就很难了。所以现在有了第五次产业革命，有了信息技术、计算机这套东西，我们就有可能实现全跟专的辩证统一，既是全才又是专才。将来不是没有专才了，还是有，但是要从一个专业转到另一个专业，有个半个月、一个月的训练就可以了，因为他有一个很全的知识基础，而且有信息网库可以利用。这样专才的意义就提高了很多，全才的意义也提高了很多，全跟专的辩证统一，这是人的一个改造。还有一个，就是我现在老了，医生也没有办法。现在这个医学是最复杂的科学，但是对老人实在办法不多，因为他不知道到底是怎么回事。我觉得医学要革命，方法是有的，经验也非常丰富，有几千年的实践经验了。现在的问题在于中医、西医、中西医结合，还有什么什么，就是统一不起来，各说各的。解决的办法是要把它们统一，那么怎么统一，就是我们刚才说的，用复杂巨系统的方法来统一，指导思想是有的，但是没有做，我想再过几年，慢慢的，恐怕人是会觉悟到这一点，会做的。做了以后，人恐怕就可以活得更好。但是人要衰老，这一点是客观规律，人还是要到时候退休，但是退休以后要工作。所以我认为人的知识，人的卫生、老年保健这些结合在一起，恐怕要形成第七次的产业革命，要产生很大的变化。

这三个产业革命的结果，会使我们的社会组织有很大的变化，直接从事体力劳动的恐怕是很少的，脑力劳动的人要大大增加，整个社会的面貌是变化的，整个国家的组织也要变化的，所以现代中国的第三次社会革命将要出现在21世纪20年代或者是建党100周年以后。我们现在就应该做这种思想准备，假设我们要搞得好，没有耽误时间，就会为马克思主义在全世界的胜利打下基础。

今天就简单地说这么几句，我们得想这么几个问题，中国的第一次社会革命是解放生产力的革命，我们现在进行的第二次社会革命是提高生产力社会革命，将来第三次社会革命，就是创造生产力的革命。生产力是推动社会前进的根本力量，今天就说这么几句。我们这几个人下一段要干什么？我们想特别学习邓小平著作。我

们现在就要做准备，做下一个大阶段的理论准备。这个也许是胡思乱想，野心太大了，但是我们现在要干这个事。

刚才几位都说了，我们这几年长了点知识，不容易，所以刚才我说，我们提倡大家学习红旗渠的特等劳模任羊成，一定要干。下面请宋平同志做指示吧。

（宋平：不敢当。本来想春节前来看望一下钱老。后来春节嘛，看望的人也很多，钱老也很累，春节以后这才来了。现在马老也70来岁了，大家坐在一块，跟大家一起聊一聊也很高兴。刚才钱老谈了，从理论的高度提出了我们的任务。社会总是发展的，总是进步的，他讲的一次革命，也就是一个阶段的发展。这都牵扯我们的重大决策，第一有理论指导，这是最关键的，没有正确的理论指导是不行的。）

钱学森：现在共产党员就有这个幸福，我们有马克思主义有毛泽东思想，我们又有邓小平的坚持中国社会主义的思想，这对我们是最重要的。

（宋平：现在最重要的是有理论的指导，就是马克思主义、毛泽东思想和邓小平同志提出来的建设有中国特色社会主义的理论。我认为这就是马克思主义和毛泽东思想的继承和发展。有的人觉得否定毛泽东思想，这完全是私人的事，我觉得不是，一否定就势必否定我们几十年的革命，否定几十年的革命成果。这是毛泽东思想的继承和发展，有这个理论指导，这13年中间就感觉到小平同志对许多问题讲得很透彻，现在有些人就是分割开，掰一块，强调某一个方面。这个恐怕就不好了，小平同志讲的是完整的、全面的、准确的意见。现在有人讲私有制好像是不错的，那能不能走这个路子呢？我看我们中国不能走这个路，我们还是要走有中国特色社会主义，我们既要解放生产力、发展生产力，也要建立以公有制为主体。大家不搞两极分化，要共同富裕。中国十几亿人，生产力水平这么低，你搞两极分化，就是家家大乱，你乱了以后，还能搞建设吗？钱老讲的，理论的指导就是这样，也是以马克思主义毛泽东思想为指导的，以建设中国特色的社会主义邓小平同志的理论为指导，离开这个指导的方法还是不行的。

说到方法，我也很欣赏钱老的思路；我理解很不够了，但是我觉得总是要有一个总体的规划，总体的设计，来支持我们中央的政策、决策。应该说，以前已经给我们工作带来不少的损失，钱老提出来这个，我觉得是高瞻远瞩，是合乎我们中国情况的。对于转变我们手工业方式的决策有很大的帮助。社会在发展，人的决策也得提高，要科学化、要民主化，要有现代化意识。在这个问题上，我们认识落后于实际，我感觉还是有很大的问题，我很赞成钱老的意见。你们几位写的文章，好好宣传一下，要继续宣传科学决策的重要，分散的决策会对我们的工作带来很大的损失。分散的状况、分散的决策要改变。）

钱学森：我们可以利用三个机会宣传，一个是系统工程学会要开年会，我们

要宣传这个；还有一个科学院有一个香山会议，这是很好的，我们找个机会就要宣传；还有一个就是杭州今年5月要开一个科学技术体系的讨论会，我们要宣传。

（宋平：这些场合一定要宣传，另外向中央的同志宣传，使中央绝大多数的同志都认识到这个重要性。他们觉得重要就会抓工作，他一抓，又会感觉需要，他就越来越抓，这时候我们的作用就发挥了。进行决策支持体系的工作要费很大的劲，如果领导不跟你对话，还是没有用的。而且我们的思想也有局限性，得和中央高层的领导结合起来，他感觉的问题和你在搞的问题，这中间有个交流，经过若干的反复，把我们研究的东西也变成中央领导的东西，这才能起作用。现在咱们还没做这些具体的工作，还没有使中央领导同志感觉到需要，还得做工作。我很赞同钱老讲的，堂堂正正的把这个问题提出来，请中央来考虑，是不是马宾同志抓紧这次机会，好好写一个报告，提出一个可行的建议。可以组织一个小班子，有理论功底的，有实践经验的，来和我们做具体的工作，经常在一块研究和讨论，这样才可以使它符合中央的要求，也可以作为一个建议。）

钱学森：而且要有很大的胆子，过去那个时候，为什么那种情况呢？他怕，所以他在找依据，找外国人说的，找书上说的。

（马宾：不唯书、不唯上、不唯外。）

（宋平；现在不唯外很重要。是不是咱们先给领导同志写一个报告，写一个通俗一点的，容易懂，使得不搞你们这一行的人，也能一看就明白。我觉得一个是科学决策要有大量的信息，要有大型的计算机。另外现在决策的单位太多，总有一个拿总的、综合的机构，它不是排斥那些单位，但它是在那些单位之上的，利用它们的资料，能够使相互之间的关系和联系搞得比较好。再一个我的意思是建立一个小型的组织，将来能够活动的小型组织，有那么几个人。这些人要像马宾同志这样的，这些人又热心，就是一心一意为事业，当然也要有年轻的，都是80岁的哪成。就是要有这些人来替中央做决策，拿主意。过去我也讲，在钱老有生之年把这个事搞出个头绪出来。

因为这个方法很重要，你的方法不是空的，是在搞两弹时候总结的，也是集中的，像外国也是，这个信息系统它是越来越集中。那次到美国去谈核电站，我问你们美国有什么经验教训？他说三条，第一条就是标准化，第二条就是标准化，第三条还是标准化。他讲了这么个道理，法国搞核试验就是比较的集中的，所以发展得很快，美国的家数太多了，搞标准化造成了很大的浪费。

搞信息系统没有一个集中的统一规划，那是相当复杂的，硬件浪费，软件也浪费。现在有那么一点东西，他又不太完整，他总想在自己的屁股上打一点烙印，总想以他的为主，这样不行，中央一定要有一个统一的规划。）

钱学森：刚才王寿云同志讲了，在国防部门的应用可能还快一点，因为军委办的同志是支持的。小平同志讲了，我们是利用高技术打现代化战争、打人民战争。怎么叫现代化手段打人民战争？这个做法和过去是完全不一样的，新时代的小米加步枪，不是说真是小米加步枪了，是高技术的小米加步枪，这个还是要有一些方法的。

选自《钱学森科学技术思想研究丛书》：姜璐编《钱学森论系统科学（讲话篇）》，第127～136页，科学出版社，2011年12月第1版。

关于人·机结合①

今天说两件事。

一件是上月底本月初，涂元季同志到甘肃参加一个沙产业讨论会，甘肃省和本省张掖、武威两个地区的领导同志和有关人员参加了这个讨论会，并得到宋平同志的大力支持。他从前是甘肃省的领导，这次亲自去了，所以这个会开得很好。推动这件事的，是中国科协书记处书记刘恕同志，她是搞沙漠治理的，后来担任过甘肃省的副省长。这个会很热烈，开得很好。在干旱的戈壁沙漠地带搞沙产业，就是要充分利用阳光。但是缺水怎么办？他们采用以色列的做法，在地下先铺一层塑料，挡住水的渗漏，然后上面用滴灌，水一滴滴下去，很节省，上面再搭一个塑料大棚，封闭起来，又能防止水份蒸发，在冬季还可以保暖。这样，无论种菜种果，都丰产，而且水用得很少。就是这么一套技术，给我一个启发，这实际上就是把高技术、高新技术用到农业生产上来了。因为以色列进行滴灌都用计算机控制，效率非常高。这一点过去我们的农业工作者从来没有想到，灌概的方法都是大水漫灌，现在用这个方法大概可节省90%的水，这在农业上可是一件了不起的大事。在我国，农田面积约20亿亩，戈壁沙漠的面积与农田面积差不多。这就给我们一个启发，就是要把高新技术用到农业生产上，把农业改造成现代化的大农业。1984年我在农业科院提出，大农业应包括五个方面：一个是传统的农业；一个是林业；一个是草业；一个是海里生产，叫海业；还有一个是沙。所以我说的是五业：农、林、草、海、沙。一旦采用高新技术，又是一件了不起的事，我叫第六次产业革命。现在已经看到这个苗头，下一个世纪如果搞得好，可以大发展，所以第六次产业革命又有了新的内容。

说了第六次产业革命，回过头来再说第五次产业革命。联系到脑科学，我想深入一点谈这个问题，就是人脑，人与机器，即计算机的关系。大概在一个月以前，中国科学院的香山会议，主题是“脑科学复杂性问题”。这个会议有一个缺点，参加讨论的人都说人脑很复杂，但是怎么处理这个问题，没有办法。这个情况也难怪，外国人也是这样。最近一期《科学美国人》，即1995年12月号有一篇文章，叫“Problem fcon-scious experience”，认为人脑是个问题，弄不清楚。他把这个问题

① 钱学森1995年12月11日与王寿云、于景元、戴汝为、汪成为、钱学敏、涂元季六人的谈话，收录于《创建系统学》，山西科学技术出版社2001年11月出版。

分为两部分，一部分是可以解决的问题，所谓可以解决就是用微观分析的方法能够解决的问题。美国一位物理学家说神经到最细处就要用量子物理来解决，这是彻底的微观分析方法。这个方法不讲整体论，但实际上所谓意识就是一个整体问题。为什么人的意识不一样？因为人的经验不一样。同样一件事情，人脑袋里形成的概念可以是不一样的。因为人从前的实践在脑子里积存的信息要和新的东西结合融化来考虑，然后才有意识。所以，我从前提出人脑也是开放的复杂巨系统，要用微观和宏观结合的办法来解决。但是我们多次宣传的这个宏观和微观相结合的办法来解决复杂性问题，许多人还没有真正搞懂。对于这样一个基本学术问题，还尚待努力。我看第五次产业革命的核心问题，就是人脑跟机器，也就是跟计算机、信息系统怎么结合起来。我跟戴汝为同志说过很多次了，其实计算机是一个很初步的东西，要利用它，人得想办法编制各种软件。说得通俗点，就是软件得伺候计算机。现在搞的人工智能这些东西实际上是要寻找一条出路，让计算机伺候人，而不是人伺候计算机，这要慢慢地搞。从前日本人搞的那个第五代计算机其目的也是这个，但是没有找到办法，以失败告终。所以，将来第五次产业革命的核心问题就是让计算机伺候人，这样人才能够跟机器更好地结合起来。有没有可能？最近看到也有些希望，在国外有人提出了一些办法。在北京也有一个叫聪明电脑技术中心的陈刚，他不用那些编码，完全用汉语拼音，输入进去，然后打出来的字就是汉字。这个方向还是可以的，有希望，慢慢地做。最后要做到无论哪个人要用计算机都很顺手，做到这一步才是人跟机器真正结合起来了，那时候人的脑筋一下子就扩大了，整个人类的知识都可以吸收进来。第五次产业革命目的就是要做到这一点。如果真正做到了这一点，那人就不是现在的人了，人类进化了，人与机器结合在一起，就是进步。从前人与机器结合，是搞机械加工，那是人力的扩展和延伸；今天人和计算机结合，是人脑的扩展和延伸。我相信，这个结合对人类社会的影响将更加深远。所以从这一点看，我们又加深了对第五次产业革命的认识。

这里我要着重指出，第五次产业革命给我们带来的，必将是人·机结合，即人必须和信息网络结合在一起工作，人离开了信息网络的终端机将无法工作，这一天很快就要到来了。原始人怎么工作？全靠自己的四肢，那时没有什么工具，后来有了工具，人学会使用工具，这是一个进步。到了发明机器，使用动力驱动机器工作，那是一个更大的进步。当然，这已经是人·机结合了，不过人占据很重要的位置。现在人又进入了一个新时代，即人要工作，必须使用计算机网络，终端机就像我使用的笔一样。这个思想应该在文章中突出地讲一讲。教育要大大地改革，小孩子一入学就要学会使用终端机，就像现在小孩子入学学会用笔写字一样，从小就是

人·机结合的。目前我们国家距离这样的发展还有较大差距，但是我们要看到这个时代，迎接这个时代的到来。不仅做技术工作是人·机结合，甚至文艺工作也是人·机结合的，如美国《基督科学箴言报》报道的《一个人一个乐团》。这就是说，信息时代改造了人，人将会有一个飞跃，并进化到一个新的层次。

选自《钱学森文集》卷六，第370～372页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

哲学·建筑·民主[①]

一、要坚定不移地用马克思主义哲学指导我们的工作

我早年在上海交大学习铁道机械工程，记得毕业设计就是画火车头，所以当时我算是一个铁道机械工程师。后来受“科学技术救国”思想的影响，到美国麻省理工学院学航空工程。可是毕业后当时的美国公司不接受中国人去工作，于是只好改行到加州理工学院航空系，学习航空理论。加州理工学院有个特点，工科博士生同时要学一些基础理论的学科。当时我就选修了数学，又旁听了好多物理的课程，如量子力学、统计力学、相对论等。我的导师主张学生的知识面要宽，他本人的知识面也很宽，对什么都感兴趣。学校也赞成不同学科之间的交流，拓展学生的知识面，但那仅是工程技术与基础理论学科之间的交流，还没有跨越到社会科学。

我回国后一直忙于工作，没有时间深思，也没有考虑知识体系的问题，倒是“文化大革命”给了我很大的促进。“文化大革命”使我认识到，不懂社会科学不行，不懂马克思主义哲学也不行。我就自学了一点。学了以后，就觉得马克思、恩格斯、列宁讲的这些话对从事科学技术工作确实有启示指导作用。从那以后，我就把自然科学、社会科学联系起来，从整个科学技术体系的角度来看问题。这就是解放思想，要多向各行各业的专家们请教，和你们讨论也是如此。

中国的社会科学、哲学工作者中，有两种人我是不赞成的：一种人死抱书本，教条主义；还有一种人盲目崇拜西方，崇洋迷外。这都不对。对于社会科学工作者死抱书本，我有亲身体会。20多年前，有一次我们请国防科委政治部的同志讲恩格斯的《自然辩证法》，讲到科学技术内容，他完全照本宣科。我实在憋不住了，就告诉他现在的科学技术早已不是那么回事了，他却说书上就是这么讲的！还有位同志对我讲，在50年代他听苏联专家讲课，觉得内容很熟悉，把讲义和马列著作一对照，才发现整段都是抄的马列原著，看来苏联专家是死抠书本的。学习马克思主义，不抓住马克思主义的本质东西，搞形而上学是不行的。要用马列主义、毛泽东思想的哲学指导我们工作，这一点我是坚定不移的。但是，同时也要考虑到马克思主义哲学是发展的，不是固定的、一成不变的，会随着人们的经验和社会实践不断

① 钱学森1996年6月4日会见鲍世行、顾孟潮、吴小亚时讲的一些意见。后收录于《论宏观建筑与微观建筑》，杭州出版社，2001年6月出版。

深化而发展，所以不能机械地死抠书本。另外，现在的情况是有的人在坚持马列主义，而有些人则走偏了路，反对马列主义哲学，这就更不对了。现阶段坚持马列主义哲学，就是要正确理解邓小平关于建设有中国特色的社会主义理论。包括建筑学在内，也必须走有中国特色的社会主义道路，既不能仿古不变，又不能跟着外国人跑，要有自己的独创。

二、是否可以建立一个大科学部门——建筑科学

最近看了顾孟潮的论文[①]和台湾叶树源教授著《建筑与哲学观》一书得到一些启发，建筑真正的科学基础要讲环境等等。这个观点要好好地学，思想才真正开阔。

现在建筑科学里面认为是基础理论的东西，实际上是我说的第二个层次的学问，属技术科学层次，就是怎么样把基础理论应用到实际中去，即中间的过渡层次。现在建筑系的学生学的，重在技术和艺术技巧的运用，这是第三层次，实际工程技术层次了。

顾孟潮和叶树源讲的给我启发，建筑与人的关系，实际上是讲建筑科学技术的基础理论，即真正的建筑学。再进一步是把建筑科学提高到哲学，概括到哲学，那就是我在给叶教授信中说的，你到底是唯心主义，还是唯物主义？

真正的建筑哲学应该研究建筑与人、建筑与社会的关系。从前封建社会的皇帝，他对建筑是什么观点？显然，不可能和我们的观点相同，因为他是封建统治者。我在美国那么长时间，深知在美国那样的垄断资本主义国家里，真正说了算的不是人民，而是大资本家。大资本家有自己的庄园，像皇帝宫殿花园一样。老百姓住的是什么建筑？即使是中产阶段，那也差多了。这种生活我是尝到过了，那时我当教授，和我爱人还要天天打扫卫生、做饭。至于穷人，那就更不用说了，因为那是资本主义社会。它的建筑为的是资本家。中国科学院原来的书记张劲夫，后来当财政部长时，与美国有接触。有一次他到美国去访问，回来后对我说，这下我真的知道美国是怎么回事了：有位大资本家请他去他住的庄园做客，把他介绍给自己的参谋班子——那才是美国的精英。他发现那些二把手、三把手都相当有水平，要是到政府任职，起码也能当部长，而一把手是不露面的，只出谋划策，为他的老板服务。所以他们的建筑也是为这个制度服务的，而我们的建筑为的是人民，为人民服务。

---

① 指“建筑哲学概论”讲课内容和《建筑学报》1996年第一期《信息·思维·创造——空间环境设计创造思维特点与思维类型》一文。——《钱学森文集》编者注

另外，建筑是科学技术。开始是砖石结构、土石结构、砖木结构……现在是什么结构？科学是不断发展的。前几天看到《经济日报》上有文章讲“塑钢窗”。你们看，我的窗户是50年代建的，是木窗，现在有了塑钢窗、铝合金窗等，将来科学技术发展了，还会有更新的材料。建筑与科学技术是密切相关的。

各位考虑，我们是不是可以建立一门科学，就是真正的建筑科学，它要包括的第一层次是真正的建筑学，第二层次是建筑技术性理论包括城市学，然后第三层次是工程技术包括城市规划。三个层次，最后是哲学的概括。这一大部门学问是把艺术和科学揉在一起的，建筑是科学的艺术，也是艺术的科学。所以搞建筑是了不起的，这是伟大的任务。我们中国人要把这个搞清楚了，也是对人类的贡献。我们有五千年的文明史，一定要用历史的观点来看问题，要看到人以及人所需要的建筑。建立一个大的科学部门，不只是一两门学科。这么看来，我原来建议建立十大部门，现在是11大部门了。这些部门请大家考虑。

三、学术民主非常重要

我从前在中国科协工作过几年，感到学术不够民主，教授、权威压制得太厉害。我在科协会上讲过不只一次，但还是解决不了。这是科学向前发展的一个大问题。

在学术民主方面，我在美国加州理工学院体会很深。当时，学校经常有讨论会，通常是一个人先做发言，所谓“主题介绍”，介绍学科领域的情况，大约讲40分钟，然后讨论，大家七嘴八舌都可以讲。那时，我不过是个研究生，也参加讨论，这是允许的。主持会议的教授有时也讲，和大家一起讨论。偶尔说着说着，教授会说他刚才讲的不对，收回。就这样子，在学术问题上很讲民主，最后还要集中。怎么集中呢？这是讨论到最后，教授作个10分钟到15分钟的总结：我们今天解决了什么问题，还有什么问题没有解决，以后需要再进一步研究。他从不勉强作结论，但是解决了什么问题，认识到什么程度，他还是要总结说明。

学术民主很重要。所谓民主就是党章上规定的原则——民主集中制。比如讨论要有个题目，这就是有领导的民主。要讲民主基础上的集中，集中指导下的民主。不能一讲民主就没有了集中，一讲集中就没有了民主，这是辩证的关系。

选自《钱学森文集》卷六，第376～379页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

关于科学与艺术及复杂巨系统问题[①]

戴汝为同志，您和您的研究生写了一个关于艺术与科学的材料。我想就此说说我的看法。

那份杂志是Roger Malina（罗杰·马林纳）送来的。所以我想先说说Frank Mahna（弗兰克·马林纳，罗杰·马林纳的父亲）和罗杰·马林纳的情况。

弗兰克·马林纳是我在美国加州理工学院时很好的朋友，他也在航空系，好像是从东欧移民去美国的，很有想象力，也爱画点画儿。当时我们在那里搞航空器，搞火箭，都是他带的头。他有辆破汽车，常常在星期天带着我们几个单身汉到海边去晒太阳。早年美国政府并未注意到火箭问题，只有东部一所大学的物理系教授Robert H. Coddard（罗伯特·H·戈达德）在20年代做过一些火箭试验，规模都很小。第二次世界大战中，德国人搞了两件战略武器：一个是V—1火箭，用的是冲压脉动式发动机带动一个小飞机，上面装一个炸弹；第二个战略武器是V—2，这才算得上是火箭。因为德国的希特勒用V—2轰炸伦敦，这才引起西方，如美国、英国对火箭的注意。所以后来弗兰克·马林纳他们想搞这个东西，开始是在航空系的一个旮旯里搞，后来系里说不行，你们搞的排气有污染。弗兰克·马林纳只好另找地方，找到加州理工学院北边的一个小山沟里，叫Arroyo Seco（阿洛约·塞科），在这里做试验，这就是后来的Jet Propulsion LaboratarY（喷气推进实验室）。美国国防部后来也想搞火箭，给Von.Karman（冯·卡门）拍了个电报，问他那里能不能搞，如果能，就给他100万美元。卡门开始把这份电报装在兜里，想了两天，才来征求我们的意见，问我们想不想搞。我们正愁没钱，当然说想搞；于是他才给国防部答复说，我这里有人，可以搞。这是美国真正搞火箭的开始，大积极分子是弗兰克·马林纳。

弗兰克·马林纳这个人有想象力，但理论不怎么样，所以把我拉进来和他一同搞。他还作画，拿给我看，我说你画得不怎么样。后来他在美国结婚，他的夫人是个画家。到1949年，美国出了McCarthy（麦卡锡）事件，抓共产党人。弗兰克·马林纳是美共党员，一下子躲到欧洲去了。先是在英国，后来又去法国，帮助冯·卡门搞国际宇航协会。这个国际宇航协会是冯·卡门发起的，秘书是弗兰克·马林纳，管些具体事情。我回国以后，他还老远地从法国给我寄一幅他作的画，我也看不懂是怎么回事，好像像这个，又像那个。他到英国后第二次结婚，生的孩子就是

① 钱学森1996年12月23日约请戴汝为、钱学敏、涂元季三人到他家里的谈话。

这次来北京参加国际宇航大会的罗杰·马林纳。弗兰克·马林纳心脏不好，70年代死于心脏病。

以上是说说弗兰克·马林纳个人的情况，由于他这样一个背景，所以他总想搞点科学与艺术结合方面的事。他办的这个《Learnado》刊物，是想把科学和艺术结合在一起。

你们知道，关于这个问题，我的观点是科学和艺术有关系，但不能说科学就等于艺术，艺术就等于科学，这是两回事。因为艺术主要是靠形象思维，而不是逻辑思维。艺术和科学的关系是，艺术离不开科学的支持，这包括两个方面：一方面是艺术工作所用的工具要靠科学，如画家画画用的颜料、油墨等要靠技术来制作，造纸也是一种技术，所以艺术要靠科学的支持。像电影、广播、电视都是新的科技成果，为艺术所利用。另一个方面是艺术家的创造必须对客观世界先有一个认识，而这个认识必须是科学的认识、正确的认识。最近文联开会，我看就是讲的这个问题。江总书记的讲话，第一条就是讲艺术的创造必须用马克思主义、毛泽东思想和邓小平建设有中国特色的社会主义理论作指导，讲的就是这个问题。这就是讲科学地认识客观世界，不然，你创作的东西就不能被人民群众所接受。这是我说的艺术与科学的关系。

再说科学和艺术的关系。科学的创造首先要有猜想，这个猜想就是艺术而不是科学。有了猜想，要做理论推导，又要做试验来验证，这些推导和验证就是科学，而不是艺术了。科学的推导和验证虽然是十分重要，但是没有开始的猜想也是不行的。归结起来说，艺术的思维是先科学后艺术，而科学的思维是先艺术后科学。这样的观点并不是说艺术和科学这两个范畴的东西完全可以捏在一起。罗杰·马林纳他们办的那份杂志好像有这个偏向，我认为那是不可能的，他们的说法有点牵强，是不妥当的。

至于联系到复杂巨系统的问题，我总是认为Santa Fe Institute（圣塔菲研究所）那些人有些勉强，它不像物理系统中的单元是不变的，可以用统计力学的办法处理。圣塔菲研究所中的那些人硬是把复杂巨系统中的一些因素拉出来，好像他那套办法是普遍适用的，我想这是办不到的。在圣塔菲研究所中，我就欣赏诺贝尔奖获得者Gell-mann（盖尔曼）老先生说的一句话："复杂事物中，猜想比什么都有用。"他所说的"猜想"，就是我们说的那些定性的东西。因为我们对复杂巨系统的认识有很大的局限性，像专家对社会经济系统的认识，他们的实践经验都有时间性的局限，是根据他一定时期的观察得出的看法，你要根据他的看法构筑模型，输入统计数据来算，那么你必须考虑到，社会经济系统是在发展变化的，因而你得到的结果是有时间局限的。你的模型用上一年、两年、四年、五年也许可以，但是时

间再长可能就不合适了，因为许多条件都变了。由此我悟出巨系统用圣塔菲研究所那些方法不行，他们的认识有点僵化，不实事求是。这也许跟他们是些物理学家和经典经济学家有关系。复杂巨系统的困难在于它是不断变化的，你掌握的仅是一个时期的情况，你这一套不能长期用下去，这跟物理学中的一些规律是不一样的。

所以，我的看法就是外国人不懂马克思主义，不实事求是。

选自《钱学森文集》卷六，第387～389页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

系统工程与系统科学发展的几个重要理论问题

——钱学森院士等接受文汇报记者专访

文汇报记者 姚诗煌 江世亮

2001年3月20日文汇报在头版头条位置，刊登了记者对钱学森院士（中国系统工程学会名誉理事长）专访文章，题目为"以人为主发展大成智慧工程"。这是系统工程的重大理论问题，为推动系统工程学科的理论建设特转载刊登，供本刊读者深思。

一、钱学森接受本报记者采访时谈系统工程和系统科学——以人为主发展大成智慧工程

1978年9月27日，著名科学家钱学森和许国志、王寿云在本报发表了一篇被我国系统科学界誉为"具有里程碑意义"，并广泛影响到科技、经济和社会等各个领域的文章："组织管理的技术——系统工程"。跨入新世纪后，钱学森同志对系统工程和系统科学的发展，又有什么新的思考？最近，在钱老秘书涂元季同志的大力支持下，文汇报记者（以后简称记者）赴京进行了专访。

记者：1978年9月27日，您和许国志、王寿云一起在我们报上发表了一篇重要的文章："组织管理的技术——系统工程"，在全国产生了很大的影响。现在，系统工程、系统科学概念已被大家广泛地接受和理解，并取得了许多成功的应用。我想，这与您的直接倡导是分不开的。能否介绍一下，当时您为《文汇报》撰写这篇文章时的缘由和考虑？

钱学森：这是23年前的事了，当时，正逢国家拨乱反正、百废俱兴，迎来科学的春天。而无论是科学研究，还是经济建设，都亟需要一套科学的组织管理技术，我们根据国际上这方面发展的情况，尤其是我们在从事国防科研上的一些成功的做法和经验，写了《组织管理的技术——系统工程）这篇文章，在《文汇报》发表。那是我们为了迎接改革开放的新时代，推动我国社会主义现代化建设事业，在中国第一次宣传系统工程这门科学技术。文汇报是一张很有影响的报纸，当时以一整版半的篇幅发表了这篇文章，对此我们一直很感谢。我是《文汇报》的老读者了，每

天都要看你们的报纸。听说你们还将组织一个关于系统工程和系统科学的版面，我认为这很有意义。

记者：非常感谢您对《文汇报》的关心。文汇报在经历了20世纪的大半个世纪，跨入21世纪后，如何适应新世纪的要求，办出新的特色，对我们也是新的挑战。从整个社会看，在新世纪中，无论是科学技术领域，还是社会经济等各个领域，都将面临许多新情况、新问题，肯定也会越来越需要系统科学提供新的理论和新的技术手段。

钱学森：对21世纪，有各种各样的讲法，譬如说是生物科学的世纪、脑科学的世纪等。但不管怎样，概括起来说，人们一方面要深入到微观层次，揭示物质的本质;另一方面又要上升到系统的层次，研究事物的整体功能。所以不管哪一门学科，都离不开对系统的研究。系统工程与系统科学在整个21世纪应用的价值及其意义可能会越来越大，而其本身，也将不断发展，如现在的系统科学已经上升到研究复杂系统，甚至是复杂巨系统了。像人的大脑、因特网等，就是复杂巨系统。这在国外也是一个热门，叫复杂性科学研究。

记者：因特网的发展，在带来了全球网络化、信息化的同时，也暴露了许多问题，如信息安全、信息堵塞等等，现在，人们从技术层面上去研究、讨论这些问题比较多，而从复杂巨系统的角度来研究、解决这些问题，是一个新的思路。在这方面，系统科学将大有作为。

钱学森：现在与因特网有关的问题，国际上都在加紧研究。中国至少已经有1000万台计算机和它联接了，全世界更是有几亿人在上网。因特网的单元和子系统的数量巨大，各子系统之间或者单元之间的交互作用非常复杂，而且还有人春夏秋冬走健康之路看四季养生网与因特网的联系，以及以因特网为基础的经济所引发的种种问题等。所以，因特网正好生动地体现了开放的复杂巨系统的概念。这方面的研究非常有现实意义。社会经济系统也是复杂巨系统的重要研究对象。这是跨社会科学和自然科学的领域。我想在新的世纪里，系统科学的思想会在社会经济系统得到更多的应用。

记者：我们有这样一个感觉，您不仅仅是一位杰出的科学家，而且是一位科学思想家。您提出了很多重要的科学思想，而且相应有一套可操作的方法，一直到技术上的实施。譬如您提出的“大成智慧”和“综合集成研讨厅体系”，就既有很深邃的内涵又有很具体的可操作性。

钱学森：我是从搞工程技术走向科学论的，技术科学的特点就是理论联系实际。因而我思考问题，一方面在理论上要站得住，另一方面在工程上还要有可操作性。23年来，系统工程和系统科学已经有了很大发展，我们已经从工程系统走到了

社会系统，进而提炼出开放的复杂巨系统的理论和处理这种系统的方法论，即以人为主、人机结合，从定性到定量的综合集成法，并在工程上逐步实现综合集成研讨厅体系。将来我们要从系统工程、系统科学发展到大成智慧工程，要集信息和知识之大成，以此来解决现实生活中的复杂问题。

记者：目前的全球网络化，确实带来了许多新的课题，譬如在网络带来的海量信息面前，如何发挥人的独立思维能力和智慧的作用，不至于使人湮没在信息海洋之中，成为一种“信息奴隶”？因此，您提出的人、机结合，以人为主的观点，以及“大成智慧工程”有很重要的现实意义。

钱学森：系统科学的这一发展，结合现代信息技术和网络技术，我们将能集人类有史以来的一切知识、经验之大成，大大推动我国社会物质文明和精神文明建设的发展，实现古人所说“集大成，得智慧”的梦想。智慧是比知识更高一个层次的东西了。如果我们在21世纪真的把人的智慧都激发出来，那我们的决策就相当高明了。我相信，我们中国科学家从系统工程、系统科学出发，进而开创的大成智慧工程和大成智慧学在21世纪一定会成功，因为我们有马克思主义哲学作为指导。

二、许国志院士、戴汝为院士和顾基发研究员接受文汇报记者采访

2001年3月21日文汇报在科技文摘版以一个整版的篇幅刊登了对许国志院士（中国系统工程学会名誉会员、《交通运输系统工程与信息》杂志名誉主编）、戴汝为院士（中国自动化学会理事长、《交通运输系统工程与信息》杂志编委会顾问）和顾基发研究员（中国系统工程学会理事长、《交通运输系统工程与信息》杂志编委会顾问）采访文章，题目为“面向21世纪的系统科学与工程”。

面向21世纪的系统科学与工程

记者：现在，系统工程、系统科学这个概念，可以说已经家喻户晓，但到底什么是系统工程，人们可能还是比较模糊。我们文汇报很想在这方面继续做些介绍，请各位能发表高见。

许国志（中国工程院院、中国科学院系统科学研究所研究员）：文汇报发表我们的文章时，全国科学大会刚召开不久，这是国内媒体首次发表中国学者阐述有关系统工程思想的文章。1978年时，我刚好60岁，现在我已经82岁了，这一段时间差不多占据了我一生中四分之一的时光。今天我很高兴借这个机会，介绍一下这篇文章发表的前前后后。事实上钱老对系统工程的思考、理解远不止始自1978年。1963

年我国搞第二个科学规划时，钱老就提出要搞系统工程。而再早些还可追溯到50年代后期，他主持国防部科工委五院工作时就搞了总体部，这个部的主要工作实际上就是搞系统工程。钱老在美国很长一段时间是在加州理工学院喷气推进技术实验室（JPL）工作，这是美国非常有名的研究机构。钱老当时是这个实验室的第一任戈达德（Gocddard）讲座教授。第二任讲座教授、成为JPL主任的匹克林（Pigkling）教授在60年代写过一篇JPL系统工程发展史的文章，里面提到该室从事系统工程研究工作，开始这些工作时，也正是钱老在该室担任教授时期。从中可以看出，钱老提出的一些带根本性的科技发展问题，都是经过他较长时间思考的。到了1978年，记得是4月30日，我给钱老写了封信，询问系统工程这件事现在是不是可以提上议事日程。钱老就此与我书信来往，并多次见面讨论，不久就写成了这篇发表在文汇报上的文章。这篇文章对中国系统工程的发展还是起到一定推动作用，至少现在许多人脱口而出的一个名词就是"系统工程"，媒体上更是经常出现，大概每半个月我就从媒体上听到某某是一项系统工程的说法。有些人说不要搞得太滥，到处都是系统工程，我觉得至少可以说，那些专家和领导都认为，他们现在从事的工作、希望解决的问题如果要用一个恰当的词来概括的话，可能他们觉得系统工程是适当的词汇。

顾基发（中国系统工程学会理事长、中科院系统科学研究所研究员）：在我们系统工程界，大家公认1978年发表在文汇报的第一篇文章是中国系统工程界的第一个里程碑，而1990年的文章可以说是第二个里程碑。这两篇文章的影响特别大。

中国的复杂性科学

记者：1990年的文章，是否就是发表在《自然》杂志的"一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论"这篇文章？

许国志：是的。钱老并不因为在系统工程方面做了不少开创性工作就止步不前，而是一直孜孜不倦地向前走。1978年的文章发表不久钱老就有个想法，要通过举办系统学讨论班这样的方式，来开展系统科学的研究工作，培养系统科学研究队伍。讨论班的形式也是钱老当年在美国从事科研常用的方法。从1986年1月起，这个讨论班坚持了多年，雷打不动，每次钱老都亲自参加。在讨论班的基础上，钱老又把系统工程、系统学推进了一大步。事物常有两个方面，一个是事物的结构，另一个是事物的属性。系统是研究事物的结构，事物重要的属性之一是复杂性，从而，钱老提出了复杂性的概念，与此相应还提出了从事复杂巨系统研究的方法论，即从定性到定量综合集成法。这是钱老关于系统科学思想的第二个阶段，也是具有里程碑意义的工作。

戴汝为（中科院院士、中国自动化学会理事长）：80年代，钱老策划组织了三个科学讨论班。钱老对科学讨论班的兴趣源于当年他在美国参加过的他的导师冯卡

门组织的科学讨论班，这种不管与会者的身份、地位，大家一起畅所欲言参与讨论的形式他很欣赏。这三个讨论班，一个是系统学讨论班，正如许先生所讲的，讨论班一个很大的贡献就是提出了处理开放的复杂巨系统的方法论。在1990年的那篇文章中，钱老提出了综合集成法，后来他又进一步发展为综合集成的研讨厅体系。实际上这是处理开放复杂巨系统的方法论。这一方法论概括起来就是：以人为主、人机结合，从定性到定量的综合集成。用钱老自己的说法是，我们以前一直说系统工程，将来是大成智慧工程，集大成得智慧，以此来解决复杂问题。

记者：系统工程的思想人们多少有些了解了，但上升到复杂巨系统后，有些人会觉得不容易理解，请戴院士给举例说明一下。

戴汝为：复杂巨系统概念的提出再次证明了钱老科学思想的前瞻性。要理解什么是复杂巨系统，当前最生动的例子就是因特网。现在中国至少已经有1000万台计算机与这个网联接了，全世界更是有几亿人在上网。为什么说因特网是复杂巨系统？主要是因为这一网络的单元及子系统的数量巨大，各子系统之间或者单元之间相互交互的作用非常复杂，将来人与因特网的联系将会越来越紧密。因特网正好生动体现了开放的复杂巨系统的概念，是最典型的例子。现在研究信息技术的人、搞通讯的人对此的研究还远远不够。我曾经与一位搞网络的专家讨论，他对里面的布线的东西都很熟，什么路由器等等，但他从来没有想到这是一个复杂巨系统。现在网络上的很多问题，诸如信息安全、信息堵塞等的解决都要依靠复杂巨系统科学。如人们对网络安全问题，一般只是从防火墙去考虑，而往往缺少从整体、系统的研究。现在看来，因特网是最值得研究、最典型的开放的复杂巨系统。现在国外也在开始研究网络的动力学问题。

记者：国际上对复杂性问题的研究很是热过一阵，能不能对中国的复杂巨系统研究与国际上作一比较？

戴汝为：现在国际上研究复杂性科学工作的，粗略地按其所用术语可以概括为三方面：一是欧洲的普里高津、哈肯等人开创的远离平衡态的开放系统;二是美国圣菲研究所以复杂自适应系统为标志的工作；三是中国的钱学森提出的以开放的复杂巨系统为主线的研究。著名物理学家普朗克曾经作为精辟的论述：科学是内在的整体，它被分解为单独的整体，不是取决于事物的本身，而是取决人类认识能力的局限性。现在的复杂性科学可以理解为是系统科学的更高阶段，两者之间有联系。圣菲研究所从80年代中期开始从事复杂性研究，普里高津、哈肯等人的工作如耗散结构等的提出更早一些，中国的复杂性研究则是从系统工程、系统科学这么一直上来的。钱老等人在1990年发表的文章是非常重要的，而且可以说中国的复杂性科学研究起步时间与国际上是同步的。钱老谈到这是一次新的文艺复兴。美国圣菲研究所

的现任所长认为，对复杂系统作完整而准确的描述是整个科学面临的重大挑战，并认为复杂性科学是整个科学发展的前沿，不是哪一门具体学科的前沿，而是整个科学的前沿。

当今科学的发展实际上已经超出了还原论的范畴，这点非常重要。去年四月的美国《科学》杂志专门出了一期题为《超越还原论》的专辑。有一本介绍圣菲研究所工作的书，我国大陆和台湾将书名译为《复杂》，而日本人把它翻译成《复杂系统》，我认为后者更准确;实际上复杂性的研究主要是研究系统的复杂性。

计算机无法取代“性智”

许国志：从系统工程一开始提出，钱老就很重视方法论。如早期他提得比较多的是定性与定量相结合的方法，后来他意识到更好的途径应是从定性到定量后，就对身边的同志说，凡是以前他有关定性与定量相结合的提法都替他改成从定性到定量。看起来这只是文字上有一点差异，而事实上这是非常不同的两种思路。

记者：从您们的介绍中可以看出，钱老对这一改动非常重视，并提到方法论的高度，那么这一改变的本质意义何在?

戴汝为：这一改变的涵义很深，实际上是体现了自然科学与社会科学的结合。比如一个很复杂的问题，先请专家来讨论，这些专家发表的见解，大多是定性的东西，属于人文科学的范畴。然后用精密科学的方法，如建模的方法，来检测这些见解是否正确，用这样的方法到底行不行？所以从定性到定量的认识过程，实际上是一个螺旋形上升的认识过程，这与从感性到理性不谋而合，使认识不断循环、螺旋上升。钱老1990年就提出这些思想，到1992年他进一步发展成综合集成研讨厅体系，所谓研讨厅体系，就是从一个专家发展到群体专家的介入（类似研讨厅那样），而且这个研讨厅体系要用网络来体现。

记者：我想问一下，研讨厅体系与人工智能中的专家系统有什么区别?

戴汝为：人工智能并不能代替思维科学，钱老认为思维科学是人工智能及智能计算机研究的基础。他认为，应该强调人和机器的结合。前几年，“深蓝”电脑战胜国际象棋冠军卡斯帕罗夫，这在人工智能界中震动不小，钱老也非常重视这件事。他后来讲，国内一个叫熊十力的哲学家有这样一个观点：人的智能（心智）可以分成两部分，一部分叫性智，一种叫量智。性智可以通过艺术、音乐、绘画来培养;量智则可以通过分析、数学、物理的训练来培养。现在看来，人的量智可以借助计算机来实现，这是人的逻辑思维的一部分。而人的性智与艺术有关，中国传统文化很重视学琴棋书画。为什么古人要学习这些东西，实际上就是要培养人的性智。这种性智所要培养的，是把握全局的能力。量智是计算能力与逻辑推理等，可以通过计算机来实现;而目前的计算机不能实现性智，因为人的许多知识不只是书本上

的知识、科技的知识，而且包括许多经验知识、直观的能力，而如果要机器完成一种直观的判断就太难了。“深蓝”能战胜卡斯帕罗夫，它靠的是储存巨量的棋谱信息。但如果和“深蓝”对弈的人下的是臭棋，深蓝反而没办法对付，因为你是胡来，它存储的棋谱里没有对付这样的走法，于是就乱了套。钱先生提出我们在处理复杂问题时一定要注意人机结合，要关注人的性智中那部分机器无法取代的东西。而且他进一步提出要以人为本、人机结合。这一方法论与西方学术界的不一样。西方由于计算机很发达，他们不太强调人的作用，而钱先生觉得人的点子、定性的东西非常重要。有些专家虽然对具体问题的解法不知道，但是他们有定性的想法，也许这个问题可以从那个途径去解决，就是根据定性的猜测。而对解决问题来说，定性猜测是很重要的。所以这是一种半经验半理论的方法。从定性到定量，譬如说为了解某个复杂问题，通常先找一批专家，他们给出一些定性的解决思路、途径（定性的判断），然后结合计算机分析等方法来作定量的分析。

大成智慧对新世纪的贡献

顾基发：钱老对系统科学、系统工程的贡献性研究，第一是在中国开创了系统工程，而且是广义上的系统工程，因为我们的系统工程是把系统工程中的运筹学、管理科学的内容都放在一起了。而国外理解的系统工程比较狭窄，如搞电器工程等。第二在引导系统工程向系统科学发展中，他建立了一套系统科学体系，从哲学层次到基础科学到技术科学、工程科学这样的体系。再就是提出开放的复杂巨系统，相应的方法论就是从定性到定量、综合集成的系统方法，这一套东西都是连在一起的。最后钱老又提出研讨厅的思想。关于研讨厅的设想我与国际作了对比，国际上类似研讨厅的思想也有一点，他们叫会议系统，即房间里放了一些设备、计算机、大屏幕，大家讨论比较方便，国外主要把它当作技术来看待，这与我们的研讨厅不是一个层次。

我们的研讨厅非常强调人的参与，再加上大成智慧，这一整套思想是我们向21世纪进军的最好礼物。

戴汝为：我们常说决策失误的影响是最大的，从前，领导决策只能拍脑袋、靠才能，而现在已经是信息时代，计算机技术已经发展到这样的程度，所以现在决策就不能再靠拍脑袋，由此钱老提出了从定性到定量这样的综合集成法。在信息时代既要充分应用信息技术，又要充分发挥人的智慧，所以要从定性到定量，形成人机结合的大成智慧工程，这样决策才能更民主、更科学。

顾基发：将来的决策不能拍脑袋，要有数据，要有分析，用我们的行话，就是要有数学模型。现在更新的提法是，要把知识、智慧这两个东西加进去。钱老搞研讨厅，就是要把专家的知识放进去，最后他还要加入人的智慧，所以他提出了大成

智慧。智慧比知识更高一个层次。我在日本也只是看到一些人在提知识创造，但像钱老那样提出大成智慧的，还不多见。

记者：听了您们三位介绍，有这样一个感觉，一般公众的理解，钱老是国内一位杰出的科学家，但现在看来他不仅仅是一位杰出的科学家，而且是一位非常了不起的思想家。

从科学史上看，大科学家变成大思想家的也不乏其例，但钱老与他们又有些不一样。他没有离开工程科学的本色，即他提出的思想很有操作性的，他不是光提出一个思想原则就算了，而且有一整套操作的技术，从思想方法一直到最后技术上的实施，有一整套的方法。

许国志：你说的这一点很有道理。确实，大科学家到了晚年通常会讲一些哲学问题，而且一般物理学家讲得较多，比如爱因斯坦、玻尔等，化学家就很少，但是作为工程技术专家可能极少见。钱老毕竟是工程技术专家，他总是强调一点，要把它做出来，要实践。所以即使他到了哲学层次，他还是没有忘记科学技术的底蕴。展望新的世纪中系统科学、系统工程有什么新的进展，我想改用古人的两句诗来表达我的想法：江山代有人才出，各领风骚数十年。还原论从牛顿开始，领了数百年风骚，后来出现了系统论，到21世纪必然还有新的思想、观念出来，不能说是到了系统论就终结了。我相信系统论在21世纪会有更大的发展！

今天来参加文汇报的这样一个座谈会，我非常高兴，特写小词一首以示之意：

点绛唇

翘首东方，

环球亿众迎新纪。

龙蛇交替，

华夏迎新岁。

盛世春回，

万朵花开丽。

东风里，

金樽绿蚁，

天共人同醉。

（本报记者姚诗煌、江世亮采访整理，上海理工大学车宏安教授组织并协助了此次采访，特此致谢）

（本刊转摘自2001年3月20日文汇报）

选自《交通运输系统工程与信息》第1卷第2期，2001年5月。（http://www.doc88.com/p-1933929088244.html）

钱学森最后一次谈话

——谈科技创新人才的培养问题①

今天找你们来，想和你们说说我近来思考的一个问题，即人才培养问题。我想说的不是一般人才的培养问题，而是科技创新人才的培养问题。我认为这是我们国家长远发展的一个大问题。

今天，党和国家都很重视科技创新问题，投了不少钱搞什么“创新工程”、“创新计划”等等，这是必要的。但我觉得更重要的是要具有创新思想的人才。问题在于，中国还没有一所大学能够按照培养科学技术发明创造人才的模式去办学，都是些人云亦云、一般化的，没有自己独特的创新东西，受封建思想的影响，一直是这个样子。我看，这是中国当前的一个很大问题。

最近我读《参考消息》，看到上面讲美国加州理工学院的情况，使我想起我在美国加州理工学院所受的教育。

我是在上个世纪30年代去美国的，开始在麻省理工学院学习。麻省理工学院在当时也算是鼎鼎大名了，但我觉得没什么，一年就把硕士学位拿下了，成绩还拔尖。其实这一年并没学到什么创新的东西，很一般化。后来我转到加州理工学院，一下子就感觉到它和麻省理工学院很不一样，创新的学风弥漫在整个校园，可以说，整个学校的一个精神就是创新。在这里，你必须想别人没有想到的东西，说别人没有说过的话。拔尖的人才很多，我得和他们竞赛，才能跑在前沿。这里的创新还不能是一般的，迈小步可不行，你很快就会被别人超过。你所想的、做的，要比别人高出一大截才行。那里的学术气氛非常浓厚，学术讨论会十分活跃，互相启发，互相促进。我们现在倒好，一些技术和学术讨论会还互相保密，互相封锁，这不是发展科学的学风。你真的有本事，就不怕别人赶上来。我记得在一次学术讨论会上，我的老师冯·卡门讲了一个非常好的学术思想，美国人叫“good idea”，这在科学工作中是很重要的。有没有创新，首先就取决于你有没有一个“good idea”。所以马上就有人说：“卡门教授，你把这么好的思想都讲出来了，就不怕别人超过你？”卡门说：“我不怕，等他赶上我这个想法，我又跑到前面老远去了。”所以我到加州理工学院，一下子脑子就开了窍，以前从来没想到的事，这里全讲到了，讲的内容都是科学发展最前沿的东西，让我大开眼界。

① 钱学森2005年3月29日在301医院住院期间与其身边工作人员的谈话，也是他生前最后一次系统的谈话，刊载于《人民日报》2009年11月5日。

我本来是航空系的研究生，我的老师鼓励我学习各种有用的知识。我到物理系去听课，讲的是物理学的前沿，原子、原子核理论、核技术，连原子弹都提到了。生物系有摩根这个大权威，讲遗传学，我们中国的遗传学家谈家桢就是摩根的学生。化学系的课我也去听，化学系主任L·鲍林讲结构化学，也是化学的前沿。他在结构化学上的工作还获得诺贝尔化学奖。以前我们科学院的院长卢嘉锡就在加州理工学院化学系进修过。L·鲍林对于我这个航空系的研究生去听他的课、参加化学系的学术讨论会，一点也不排斥。他比我大十几岁，我们后来成为好朋友。他晚年主张服用大剂量维生素的思想遭到生物医学界的普遍反对，但他仍坚持自己的观点，甚至和整个医学界辩论不止。他自己就每天服用大剂量维生素，活到93岁。加州理工学院就有许多这样的大师、这样的怪人，决不随大流，敢于想别人不敢想的，做别人不敢做的。大家都说好的东西，在他看来很一般，没什么。没有这种精神，怎么会有创新！

加州理工学院给这些学者、教授们，也给年轻的学生、研究生们提供了充分的学术权力和民主氛围。不同的学派、不同的学术观点都可以充分发表。学生们也可以充分发表自己的不同学术见解，可以向权威们挑战。过去我曾讲过我在加州理工学院当研究生时和一些权威辩论的情况，其实这在加州理工学院是很平常的事。那时，我们这些搞应用力学的，就是用数学计算来解决工程上的复杂问题。所以人家又管我们叫应用数学家。可是数学系的那些搞纯粹数学的人偏偏瞧不起我们这些搞工程数学的。两个学派常常在一起辩论。有一次，数学系的权威在学校布告栏里贴出了一个海报，说他在什么时间什么地点讲理论数学，欢迎大家去听讲。我的老师冯·卡门一看，也马上贴出一个海报，说在同一时间他在什么地方讲工程数学，也欢迎大家去听。结果两个讲座都大受欢迎。这就是加州理工学院的学术风气，民主而又活跃。我们这些年轻人在这里学习真是大受教益，大开眼界。今天我们有哪一所大学能做到这样？大家见面都是客客气气，学术讨论活跃不起来。这怎么能够培养创新人才？更不用说大师级人才了。

有趣的是，加州理工学院还鼓励那些理工科学生提高艺术素养。我们火箭小组的头头马林纳就是一边研究火箭，一边学习绘画，他后来还成为西方一位抽象派画家。我的老师冯·卡门听说我懂得绘画、音乐、摄影这些方面的学问，还被美国艺术和科学学会吸收为会员，他很高兴，说你有这些才华很重要，这方面你比我强。因为他小时候没有我那样的良好条件。我父亲钱均夫很懂得现代教育，他一方面让我学理工，走技术强国的路；另一方面又送我去学音乐、绘画这些艺术课。我从小不仅对科学感兴趣，也对艺术有兴趣，读过许多艺术理论方面的书，像普列汉诺夫的《艺术论》，我在上海交通大学念书时就读过了。这些艺术上的修养不仅加深了

我对艺术作品中那些诗情画意和人生哲理的深刻理解，也学会了艺术上大跨度的宏观形象思维。我认为，这些东西对启迪一个人在科学上的创新是很重要的。科学上的创新光靠严密的逻辑思维不行，创新的思想往往开始于形象思维，从大跨度的联想中得到启迪，然后再用严密的逻辑加以验证。

像加州理工学院这样的学校，光是为中国就培养出许多著名科学家。钱伟长、谈家桢、郭永怀等等，都是加州理工学院出来的。郭永怀是很了不起的，但他去世得早，很多人不了解他。在加州理工学院，他也是冯·卡门的学生，很优秀。我们在一个办公室工作，常常在一起讨论问题。我发现他聪明极了。你若跟他谈些一般性的问题，他不满意，总要追问一些深刻的概念。他毕业以后到康奈尔大学当教授。因为卡门的另一位高才生西尔斯在康奈尔大学组建航空研究院，他了解郭永怀，邀请他去那里工作。郭永怀回国后开始在力学所担任副所长，我们一起开创中国的力学事业。后来搞核武器的钱三强找我，说搞原子弹、氢弹需要一位搞力学的人参加，解决复杂的力学计算问题，开始他想请我去。我说现在中央已委托我搞导弹，事情很多，我没精力参加核武器的事了。但我可以推荐一个人，郭永怀。郭永怀后来担任九院副院长，专门负责爆炸力学等方面的计算问题。在我国原子弹、氢弹问题上他是立了大功的，可惜在一次出差中因飞机失事牺牲了。那个时候，就是这样一批有创新精神的人把中国的原子弹、氢弹、导弹、卫星搞起来的。

今天我们办学，一定要有加州理工学院的那种科技创新精神，培养会动脑筋、具有非凡创造能力的人才。我回国这么多年，感到中国还没有一所这样的学校，都是些一般的，别人说过的才说，没说过的就不敢说，这样是培养不出顶尖帅才的。我们国家应该解决这个问题。你是不是真正的创新，就看是不是敢于研究别人没有研究过的科学前沿问题，而不是别人已经说过的东西我们知道，没有说过的东西，我们就不知道。所谓优秀学生就是要有创新。没有创新，死记硬背，考试成绩再好也不是优秀学生。

我在加州理工学院接受的就是这样的教育，这是我感受最深的。回国以后，我觉得国家对我很重视，但是社会主义建设需要更多的钱学森，国家才会有大的发展。

我说了这么多，就是想告诉大家，我们要向加州理工学院学习，学习它的科学创新精神。我们中国学生到加州理工学院学习的，回国以后都发挥了很好的作用。所有在那学习过的人都受它创新精神的熏陶，知道不创新不行。我们不能人云亦云，这不是科学精神，科学精神最重要的就是创新。

我今年已90多岁了，想到中国长远发展的事情，忧虑的就是这一点。

选自《钱学森文集》卷六，第418～421页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

第三编
钱学森阐述大成智慧问题的论文

现代科学技术[①]

要把我国建设成为一个现代化农业、现代化工业、现代化国防和现代化科学技术的社会主义强国，科学技术现代化是关键，但要我国科学技术现代化，就得首先对现代科学技术有个明确的概念。我最近参加了一些讨论，现在把知道的有关这一问题的看法写下来供大家研究，共同提高认识。

要说现代科学技术，就得先谈谈它的前身——近代科学技术。说“近代”就是区别于别的时代，比如奴隶社会时代或封建社会时代的科学技术。近代科学技术开始于16世纪资本主义萌芽时期的意大利。恩格斯在《自然辩证法导言》中热情称赞：“这是一次人类从来没有经历过的最伟大的、进步的变革，是一个需要巨人而且产生了巨人——在思维能力、热情和性格方面，在多才多艺和学识渊博方面的巨人的时代。”（《马克思恩格斯选集》第3卷第445页）所以近代科学技术一开始就是伟大的革命运动的一个组成部分。

随着资本主义兴起而开始的近代科学技术时期，大体到19世纪70年代结束，前后约400年。这个时期的科学技术有两个特点：

第一，基本上是恩格斯称之为搜集材料的科学，一门一门地了解情况，做调查研究，没有来得及把事物的变化过程、事物的相互关系作系统的整理。到最后几十年，才进入恩格斯称之为整理材料的科学，系统地研究事物的变化过程和事物在整个自然界中的相互关系，为综合的、完整的现代科学技术打下基础。

第二，工作方式是个体劳动，没有社会化。牛顿发现万有引力，是一个人捉摸出来的。瓦特发明震撼世界的蒸汽机，迎来了大工业，也是带几个徒弟，一共几个人干出来的。法拉第发现电磁相互作用，也是一两个助手，一个工作台，弄几根电线，几块磁铁和电池，搞出来的。他们都是单干户。所以从前人们对科学家有个印象，好像科学家都是性情孤僻的人，有股怪脾气。这也许对，但那是过去的事了，历史陈迹了。

一

现代科学技术开始于19世纪末叶，当时出现了有组织的、规模较大的科学技术

① 刊载于《人民日报》1977年12月9日。

研究单位，这有内在的和外部的原因。内在原因是科学技术到这时期已经比较复杂。专业、分科很多。解决具体科学技术问题，一个行业解决不了，必须各种行业、专业在一起工作。使用的设备、仪器也复杂得多，制造和维护这些设备、仪器，需要专门力量。外部原因是当时出现的一场技术革命。毛主席说："技术革命指历史上重大技术改革，例如用蒸汽机代替手工，后来又发明电力，现在又发明原子能之类。"当时出现的重大技术变革是电力技术。

美国发明家爱迪生在1881年个人投资组建了世界上第一个科学技术研究所，目的是解决当时新兴的电力工业提出的各种问题。这个研究所有100多人，有各种专业的科学家，各种专业的工程师、技术人员、技术工人。有搞设备的，制作样机的，还有图书馆、器材部。这是现代科学技术研究单位的雏形。爱迪生名下的发明、专利非常多，实际是这100多人集体创造的。

从爱迪生的研究所开始了现代科学技术的时代。科学技术研究从个体劳动转变为社会化的集体劳动。推动这种变革的社会原因，首先是由于自由资本主义进入垄断资本主义时代，由于资本家垄断的需要。列宁指出："竞争变为垄断。结果，生产的社会化有了巨大的进展。特别是技术发明和改良的过程，也社会化了。"（《列宁选集》第2卷第748页）

从爱迪生研究所开始，由于垄断资本主义的发展，大规模的科学技术研究所纷纷成立。所有垄断公司都有研究所，有的不止一个。到第二次世界大战前后，因为战争和武器发展的需要，科学技术研究工作又进一步扩大到可以说是国家的规模。例如飞机、雷达、原子弹、氢弹、导弹的研究。所谓国家规模，就是说完成这些研究，决不是爱迪生时代100人可以解决的，也不是一两千人，而要集中使用一个国家的科学技术力量，组织几万人的集体来解决问题。现在科学技术发达国家花在科学技术上的钱要占国民生产总值的1%以上。两霸为了互相争夺，扩军备战，更是如此：美国占3%，苏联竟占百分之五六。这说明现代科学技术的规模，是历史上从来没有过的。

现代科学技术的社会化同资本主义私有制是根本矛盾的，资本主义社会解决不了这个矛盾，只有社会主义制度能够解决。所以尽管我国科学技术总的说来还落后，只要路线对头，我们发展的速度一定会更快，我们能够赶上、超过世界先进水平，这是历史的必然。

二

现代化科学技术是集体的社会化的劳动，那就要像社会化的生产劳动建立产业

大军那样，需要建立一支科学技术大军。我国在这方面有很好的条件：第一，我们有无产阶级先锋队中国共产党的领导；第二，毛主席缔造的中国人民解放军有一套完整的经验，这是可以应用于组织建立科学技术大军的；第三，还有大庆的经验，大庆不仅是工业典型，也是科技工作的典型。所以建立我国现代科学技术队伍，我们不但有经验可借鉴，而且有理论、有典型，就看我们善于不善于学习和运用了。

当然要真正把中国人民解放军的经验学到手，真正把大庆经验学到手，也不那么容易，会有斗争。今天首先是要深入揭批“四人帮”，狠批他们长期以来散布的种种谬论，肃清流毒，澄清人们的思想。要发扬民主，贯彻百家争鸣、百花齐放的方针；要强调组织纪律，严格的规章制度。这就又要和千百年来旧社会制度留在人们思想上的残余影响斗。在我国，现代科学技术通过社会化劳动也将改造人们的思想，现代科学技术是科学实验的伟大革命运动，本身就是强大的革命力量。“四人帮”胡说什么抓科学技术就是“单纯业务观点”，就是所谓的“唯生产力论”，进而挥舞大棒，乱扣“不革命”、“复辟派”的大帽子，真是荒谬而又反动。

三

现在让我们来谈谈现代科学技术本身吧。

现代科学技术，不是单单研究一个个事物，一个个现象，而是研究事物、现象的变化发展过程，研究事物相互之间的关系。整理材料的科学发展成为严密的综合起来的体系。这是现代科学技术的重要特点。

工程技术的科学叫做应用科学，是应用了一些叫做基础学科的理论来解决生产斗争中出现的问题的学问。当然，基础学科中也有好多道理是从生产实践中总结提高而来的。而且没有工农业生产，基础学科研究也无法搞下去。所以基础学科之基础是从其在现代科学技术体系中的位置而言的。我们一般提六门基础学科：天文，地学，生物，数学，物理，化学。这六门是不是都一样的基础呢？也不是。从严密的综合科学体系讲，最基础的是两门学问。一门物理，是研究物质运动基本规律的学问。一门数学，是指导推理、演算的学问。

先说化学。化学是研究分子变化的。20世纪30年代后出现了量子化学，用量子力学的原理去解决化学问题，使化学变成应用物理的一门学问。近来，由于电子计算机的运用，又出现了计算化学。从前人们认为化学就是用些瓶瓶罐罐做试验。现在由于掌握了原子这么一个物质世界里头运动的规律，就可以靠电子计算机去计算。将来有朝一日化学研究会主要靠电子计算机算，而且可以“设计”出我们要的分子，“设计”创造这种分子、化合物的化学过程。到那时做化学试验只是为了验

证一下计算的结果而已。

天文学也是物理。现在的天文学，不是光看太阳、月亮、星星在天上的位置和运行规律，而要研究星星里头怎么变化，研究宇宙的演化。比如研究太阳内部、恒星内部。人去不了，怎么研究？一是研究可见光，把可见的星光分成光谱，将不同频段的光摄下来进行研究。还要研究看不见的频段，如波长比较长的红外线，无线电波；波长很短的紫外线，X光，更短的γ射线等。这么一研究，就发现天文学可是热闹。到处有星的爆发，一颗星像氢弹一样爆炸。一个爆发的过程是一两个月、几个月。中国古书上有所谓客星，实际上就是星的爆发。爆发时亮了，就看得见，过一段时间爆发过程结束，看不见了，就以为是客星走了。天上还有一些更怪的现象。如中子星，是由中子组成的、密度非常大的星，一颗芝麻点大小的中子星物质就有几百万吨重，而且转得很快，转时发出的X光强度不一样，变化周期不到一秒。还有一种星，密度更高，引力场特别强，强到光线射不出来被吸住了，名叫“黑洞”，其实不是洞，是光出不来的星，只有当其他物质被吸引掉进去时才发光，发射出X线。不但恒星会爆发，而且由亿万颗恒星组成的星系，像我们所在的银河星系，中心也会爆发，而且更强烈。一颗恒星爆发起来产生的能量等于10万亿亿个氢弹爆炸的能量，而一个星系爆发起来的能量等于亿亿个恒星爆发的能量！要了解到这些天文现象，没有物理学是不行的。

地学也是靠物理。地学家们讲，地学有三个时代。第一时代是18世纪末到20世纪初，研究地质年代时引入了生物观念（化石观念），用生物的化石来断定地质年代，称为生物学地球观。第二时代是20世纪初，开始研究地球上地壳和海洋的化学成分的变化，矿物元素的分布，来推论地球在地质年代中的演化，称为化学地球观。现在是第三时代。地学上最大的发展是所谓板块理论，发现地球的外壳（包括大陆和海洋）是一块拼起来的，像七巧板似的。块与块之间有相互作用。这样就可以解释火山带、地震带的形成。这是根据海底岩石的地磁走向推论出来的。我国卓越的地质学家李四光提出了更进一步的理论：一个大的板块中还有小的断裂带、断层，有更复杂的组成。这一些，加上研究地球深处的情况，都要靠物理学，所以称为物理学地球观。

生物学的发展，现在达到了研究分子的水平，也归结到物理上面。分子生物学，不是过去那样研究细胞核、细胞膜、细胞质，而是一直追到分子，把生命现象看做是分子的运动、组合和变化过程。最近生物学上轰动世界的发现是可以把影响遗传的信息，挂在高分子化合物叫去氧核糖核酸的某一段上传下去。这就是把这种高分子人为地变化一下，将一个高分子的某一段遗传信息切下来，接到另一个上面，改变遗传的某一特性，创造新的物种。这样，就有可能打破植物动物的界限，

把植物的某一特性接到动物上面。这项工作现在只做到细胞内部的水平，若干年以后可以达到细菌水平，如把胰岛素的遗传信息切下来，接到大肠杆菌上面去，产生出来的新的大肠杆菌不但容易繁殖，而且可以制造大量胰岛素。

所以，天、地、生、化四门基础学科，从现代科学技术体系的观点讲，都可以归结到物理和数学。根本的基础学科，就是研究物质运动基本规律的物理，加上数学工具。数学不只是演算，也包括逻辑的推理过程。靠六门基础学科的现代工程技术，也靠物理和数学这两门基础作为支柱。所以物理和数学也可以称为现代科学技术体系的基础。在此之上是天文学、地学、生物学和化学这些基础学科以及各种分支学科如力学等；再在上面是工程技术学科如工程结构、电力技术、电子技术、农业技术等。这就是现代科学技术的体系构成。

四

指导整个自然科学技术体系发展的理论是马克思列宁主义、毛泽东思想的哲学。“四人帮”反对毛主席和周总理关于要重视科学基础理论的指示，叫喊哲学就是科学理论。我们要批判“四人帮”用哲学代替自然科学、取消自然科学理论，但同时也要明确，必须用辩证唯物主义的哲学来指导科学技术的发展。

在资本主义国家，科学家们往往受资产阶级哲学的影响，不少人“作了哲学的奴隶，遗憾的是大多数都作了最坏的哲学的奴隶，而那些侮辱哲学最厉害的恰好是最坏哲学的最坏、最庸俗的残余的奴隶”（《自然辩证法》，《马克思恩格斯选集》第3卷第533页）。因此他们常常闹笑话。例如当人们分析到分子原子这一物质运动的层次，他们就说这是小到不能再小了，到顶了。到了这个世纪初，实验结果说明原子核是原子中心非常致密的部分，大小只有原子直径的十万分之一，原子核外围是电子形成的云。从而原子“不可分论”破产了；这才承认物质有更深的一个层次，即现在我们说的原子核和“基本粒子”层次。但那些人又到此为止了，重新说不能再分了。这是20年前的事。现在又破产了，“基本粒子”保不住了，必须有下一层次存在，才能解释基本粒子的运动规律，所以又一次承认还有更深一层次即层子（外国叫“夸克”）。但资产阶级科学家的顽固性也真惊人，现在又有人说层子可到了头了，不能再分了。

往大里看也是一样，分子原子层次之上的物质运动层次是凝聚态层次，这是我们日常打交道的材料，气态、液态、固态物质。在凝聚态之上的层次，是恒星这一层次，例如太阳有两千亿亿亿吨物质。再往上呢，还有些小阶层如星团，星协，也就是几百颗星、几千颗星的集体。然后是一个大阶层，星系这一物质运动层次。

我们就在这样一个银河星系的外缘。银河星系基本上是个扁圆盘，直径85000光年（光从银河星系的一边直射到那一边要85000年时间，而光每秒走30万公里），质量是大约万亿个太阳质量。我们现在的天文望远镜可以观测到百亿光年这个范围，当然不算小，但比起整个无穷无限的宇宙来说，还不如沧海之一粟。但就这样，资产阶级科学家就要“推而广之”，说再远的也同近处看到的一模一样，诌出了一门伪宇宙学，结论是：宇宙一直在膨胀，反过来追溯到100多亿年以前，宇宙开始膨胀，所以时间有了起始点。这不是怪论吗？问题就出在他们忘了在星系层次之上物质运动还有无穷多的新层次，例如现在已经看出由星系组成的星系团和星系团聚集的现象，忽视物质的这些结构，妄想以我们观察到的局部去代替整体是注定要失败的。我们只能说在宇宙的无数别处一定有同我们这里相似的情况，但决不能说宇宙的一切地方都同我们这里一样，那不成了坐井观天了吗？

早在90年前，恩格斯就说过：“今天，当人们对自然研究的结果只是辩证地即从它们自身的联系进行考察，就可以制成一个在我们这个时代是令人满意的‘自然体系’的时候，当这种联系的辩证性质，甚至迫使自然哲学家的受过形而上学训练的头脑违背他们的意志而不得不接受的时候，自然哲学就最终被清除了。”（《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》《马克思恩格斯选集》第4卷第242页）那么现在，当现代科学技术已经发展到高度综合而又有从基础到应用的严密结构的体系，就应该有一门代替消亡了的自然哲学的学问，它专门研究科学技术体系的组织结构，研究体系的逻辑性和严谨性，研究科学技术与哲学的联系等。这也可以称为“科学的科学”。这门学问在以前不会有，因为自然科学没有形成体系，当然也不会有研究体系的学问。在本世纪初科学技术体系逐步形成，这方面的工作也自发地开始了，例如A·爱因斯坦和瑞士科学家W·泡利曾做了不少工作。但他们都限于他们的世界观，有时陷于谬误而不能自拔。我们应该认真考虑要不要建立这门学问，如果要，就应专门培养这方面的人才。这也是建设我国科学技术大军的一个项目。

五

前面曾说到现代科学技术，说到底，是靠两门学问，一是物理，二是数学。数学告诉我们如何计算数值，如何演算方程式，如何搞一般的推理。今天我们必须说在这三个数学的功能方面我们有了一种高效能的机器，来帮助我们工作，这就是电子计算机，特别是电子数值计算机。

先说一个航空航天技术中的例子。飞机、导弹、火箭在空中飞，很重要的是研

究空气同飞机、导弹、火箭的相互作用。过去靠风洞来测量。现在对风洞的要求越来越高。一般民航机速度每秒200多米，还好办。远程导弹每秒7000米，超过声速20多倍，全靠风洞无法解决。这时出现了电子计算机，可以不用风洞吹，用电子计算机计算。但这需要计算能力很大的电子计算机。每秒运算100万次的，1000万次的，1亿次的，现在已经做到，但还不够，将来还可以造100亿次，1万亿次的高速计算机。到那时造价很高、运转费用大的大型高速风洞可以省下或少用，主要用大型或巨型电子计算机来算出空气作用力，风洞只作为偶然验证计算结果用。再如国外搞飞机设计，完全电子计算机化。从前设计飞机，从方案到全套图纸出来，要花费大量人力物力，用两年半到三年时间。现在用电子计算机，少量人管一下，三个月就出来。所以发展不发展电子计算机，不是可有可无的事情，如果人家三个月，你三年，怎么赛得过人家？这是一定要办的事情。

至于小一点的电子计算机，几十万次到一百万次的，制造不太难。有了这种几十万次的计算机，就可以大大促进生产过程的自动化。许多管理工作也可以用电子计算机解决。电子计算机可以大量节约人力物力和时间。

去年数学界哄动一时的一件事，是用电子计算机证明了数学上的四色定理。画地图要求相邻两国不用同一色，一幅地图最多只需要四种颜色。要证明这个定理很难，数学家经过上百年的努力，证明不了。去年美国数学家用电子计算机证明了。他们看到这个问题要证明并不是不可能，而是证明的步骤、程序很复杂，人一辈子的时间也证不完。他们就把程序编好，交给高速的电子计算机去干。高速电子计算机也用了1000多小时才证出来。美国数学家认为，他们的主要贡献不在证明了四色定理，而在运用电子计算机完成了这件人没有能够完成的事。

所以电子计算机不但能计算，而且能演算方程式，能作数学推理工作，可以把人从繁重的、比较简单的脑力劳动解脱出来。这就如工作母机是人手的延伸，机器是人造出来的，但干起活来，比人手做得好。电子计算机也是人造出来的，当然不可能代替人的全部思维，但是可以帮助人思维，而且更快，更精细，因此能够完成光靠人力无法完成的课题。我们说计算机能代替人搞一部分思维，因为思维同世界上其他一切一样都是物质运动或运动着的物质，不然我们就陷入唯心论。但我们说计算机永远也代替不了人的全部思维，因为第一，计算机是人造的，人是计算机的主人；第二，当人从简单的、计算机能搞的思维解脱出来时，人的思维又可以向更高一级发展。人是会越来越聪明的，计算机总是第二，不可能完全代替人。不这样考虑，就要陷入机械唯物论。

电子计算机将渗入到工农业生产，科学技术工作，生产管理，商业，甚至一切管理机构，是对人类社会活动的一个大变革。18世纪下半叶的蒸汽机引起了大工业

的产业革命，19世纪下半叶的电力引起了工农业的集中，促成了垄断资本主义的发展，所以都是技术革命。现在原子能是技术革命。那么电子计算机技术是不是技术革命呢？我们要不要能动地推动这场技术革命呢？这是一个非常重要的问题，需要我们来研究它。

现代科学技术正面临着重大突破，是否还蕴育着其他的、更新的技术革命呢？这也是发人深思的。

选自《钱学森文集》卷二，第094～102页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

组织管理的技术——系统工程[①]

要完成新时期的总任务，在本世纪末实现农业现代化、工业现代化、国防现代化和科学技术现代化，把我国建设成为社会主义的强国，必须大大地提高我国科学技术水平，这是大家所认识了的。中央领导同志多次指出，我们现在不但科学技术水平低，而且组织管理水平也低，后者也影响前者。要解决组织管理水平低的问题，首先要认识这个问题，要认识这个问题的严重性，只有充分认识我们的管理水平低、管理工作存在着混乱的情况，我们才能够切实地总结经验教训，不但学习和掌握先进的科学技术，而且要学习和掌握合乎科学的先进的组织管理方法。否则，我们就会继续浪费时间、人力和资金，就不能完成我们在本世纪内要完成的宏伟任务。

有了认识只是第一步，还要做两方面的工作：第一个方面是要改革目前我国上层建筑中同生产力发展不相适应的部分，特别要打破小生产的经营思想，按照经济发展的客观规律改革组织管理。我国虽然早已是社会主义国家了，但意识落后于存在，小生产的经营思想还根深蒂固，我们不懂得用大生产的经济规律去组织生产，这就妨碍了生产力的发展。所以提高组织管理水平必须在上层建筑进行必要的改革。

第二个方面是要使用一套组织管理的科学方法。我国在科学的组织管理工作中的先行者是华罗庚教授，他在60年代初期就对“统筹方法”进行了系统的研究，并在大庆油田、黑龙江省林业战线、山西省大同市口泉车站、太原铁路局、太钢，以及一些省市公社和大队的农业生产中，推广应用取得良好效果，得到毛主席和周总理的赞许和鼓励。我们在本文想就这第二个方面，讲点意见，也就是从总结组织管理的经验，讲讲建立起比较严密的组织管理科学技术体系，以及培养组织管理的科学人才，以此引起大家进一步的讨论，从一个侧面帮助管理水平的提高。

一

现在我们来讲一讲组织管理工作的历史发展情况。先从工程技术方面说起。在历史上，例如作为个体劳动者的一个泥瓦匠，他要造房子，首先要弄到材料，选定一个可行的方案，然后进行建设。他要建造一间什么样的房子，在他动手建造之前，房子的形象已经存在于他的头脑之中。他按照一定的目的来协调他的活动方式和方法，并且随着不断出现的新的情况来修改原来的计划。在整个劳动过程中，他

① 本文由钱学森、许国志和王寿云同志共同撰写，刊载于《文汇报》1978年9月27日。

既构想这所房屋的“总体”结构，又从每一个局部来实现房屋的建造；他是管理者也是劳动者，两者是合一的。后来生产进一步发展了，在手工业工场里，出现了以分工为基础的协作。马克思说：“许多人在同一生产过程中，或在不同的但互相联系的生产过程中，有计划地一起协同劳动，这种劳动形式叫做协作。”又说：“一切规模较大的直接社会劳动或共同劳动，都或多或少地需要指挥，以协调个人的活动，并执行生产总体的运动——不同于这一总体的独立器官的运动——所产生的各种一般职能。一个单独的提琴手是自己指挥自己，一个乐队就需要一个乐队指挥。”（《马克思恩格斯全集》第23卷第362、367页）这是说有了职能的分工，在一切规模较大的工程技术中，都有“总体”，都有“协调”问题，都需要有个指挥来从总体运动的观点协调个人活动。在手工业工场里，这个指挥就是“监工”。后来生产进一步发展，在产业革命后出现的大工业的生产中，这个指挥就是“总工程师”。在制造一部复杂的机器设备时，如果它的一个一个局部构件彼此不协调，相互连不起来，那么，即使这些构件的设计和制造从局部看是很先进的，但这部机器的总体性能还是不合格的。因此必须有个“总设计师”来“抓总”，协调设计工作。

从本世纪以来，现代科学技术活动的规模有了很大的扩展，工程技术装置复杂程度不断提高。40年代，美国研制原子弹的“曼哈顿计划”的参加者有1．5万人；60年代，美国“阿波罗载人登月计划”的参加者是42万人。要指挥规模如此巨大的社会劳动，靠一个“总工程师”或“总设计师”是不可能的。50年代末60年代初，我国为了独立自主、自力更生地发展国防尖端技术，开展了大规模科学技术研究工作，同样碰到了这个问题。总之，问题是怎样在最短时间内，以最少的人力、物力和投资，最有效地利用科学技术最新成就，来完成一项大型的科研建设任务。

问题来了就促使我们变革。

我们把极其复杂的研制对象称为“系统”，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体，而且这个“系统”本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。例如，研制一种战略核导弹，就是研制由弹体、弹头、发动机、制导、遥测、外弹道测量和发射等分系统组成的一个复杂系统；它可能又是由核动力潜艇、战略轰炸机、战略核导弹构成的战略防御武器系统的组成部分。导弹的每一个分系统在更细致的基础上划分为若干装置，如弹头分系统是由引信装置、保险装置和热核装置等组成的；每一个装置还可更细致地分为若干电子和机械构件。在组织研制任务时，一直细分到由每一个技术人员承担的具体工作为止。导弹武器系统是现代最复杂的工程系统之一，要靠成千上万人的大力协同工作才能研制成功。研制这样一种复杂工程系统所面临的基本问题是：怎样把比较笼统的初始研制要求逐步地变为成千上万个研制任务参加者的具体工作，以及怎样把这些工作

最终综合成一个技术上合理、经济上合算、研制周期短、能协调运转的实际系统，并使这个系统成为它所从属的更大系统的有效组成部分。这样复杂的总体协调任务不可能靠一个人来完成，因为他不可能精通整个系统所涉及的全部专业知识。他也不可能有足够的时间来完成数量惊人的技术协调工作。这就要求以一种组织、一个集体来代替先前的单个指挥者，对这种大规模社会劳动进行协调指挥。在我国国防尖端技术科研部门建立的这种组织就是“总体设计部”或“总体设计所”。

总体设计部由熟悉系统各方面专业知识的技术人员组成，并由知识面比较宽广的专家负责领导。总体设计部设计的是系统的“总体”，是系统的“总体方案”，是实现整个系统的“技术途径”。总体设计部一般不承担具体部件的设计，却是整个系统研制工作中必不可少的技术抓总单位。总体设计部把系统作为它所从属的更大系统的组成部分进行研制，对它的所有技术要求都首先从实现这个更大系统技术协调的观点来考虑；总体设计部把系统作为若干分系统有机结合成的整体来设计，对每个分系统的技术要求都首先从实现整个系统技术协调的观点来考虑；总体设计部对研制过程中分系统与分系统之间的矛盾、分系统与系统之间的矛盾，都首先从总体协调的需要来选择解决方案，然后留给分系统研制单位或总体设计部自身去实施。总体设计部的实践，体现了一种科学方法，这种科学方法就是“系统工程”（Systems Engineering）。“系统工程”是组织管理“系统”的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法，是一种对所有“系统”都具有普遍意义的科学方法。我国国防尖端技术的实践，已经证明了这一方法的科学性。

正如列宁说：管理的艺术并不是人们生来就有，而是从经验中得来的。系统工程来源于千百年来人们的生产实践，是点点滴滴经验的总结，是逐步形成的，在近年才上升为比较完整的一门科学技术。

二

除了复杂的工程系统的组织管理技术的发展以外，还有另一个领域的发展，大企业的经营管理技术，这在国外也叫“经营科学”（Management Science），现在我们来讲讲这方面的发展情况。我们说：系统就是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成的具有特定功能的有机整体。这些组成部分称为分系统。虽然有意识地把工厂企业称作一个系统，现在还不普遍，但使用“系统”这个词却很经常。例如我们常说某厂的财会系统（管钱的）或某厂的动力系统（管能源的）。就一个工厂而言，任何一个分系统，包括工厂本身这个整系统在内，都由下列六个要素组成。“人”当然是第一要素，其他五个要素分为物和事两类。物包括三个要素即：物资

（能源、原料、半成品、成品等），设备（土木建筑、机电设备、工具仪表等）和财（工资、流动资金等）。事包括两个要素：任务指标（上级所下达的任务或与其他单位所订的合约）与信息（数据、图纸、报表、规章、决策等）。从历史上一个个体劳动者泥瓦匠的工作开始，就包含这六个要素。那时人当然是有的，不过是个体；砖瓦木料便是物资；斧锯瓦刀是设备；钱当然是个因素；任务指标是明确的；至于信息可能全部都存放在泥瓦匠这个人的头脑中。在现代的大工厂中，还是这六种要素，只不过规模空前地扩大。在工厂这个整系统中，各分系统之间的相互作用和相互依赖的关系，就凭这六个要素的流通而得以体现。

经营管理作为一门科学萌芽于本世纪初。可能第一个发现就是今天称之为“工时定额”的这门学问。这是关于工序的，简单地说，就是研究在一定的设备和条件下，某一道工序的最合理的加工时间。第二个发明是线条图[①]，这是有关调度计划的，可以说是后面我们讲的“计划协调技术”（简称PERT）的先驱。再后来出现了质量控制，在这里质量不是一个个体部件的属性，而是一个统计概念，是一批同一种部件的属性。可以看到就在这时，数理统计或数学进入了经营管理的领域。这是一件大事，因为数学这个所谓科学的皇后被引进到工厂经营管理这样一种“简单”的事务中。但这些都是1940年以前的事，当时人们还没有有意识地认识到工厂是个系统。最能说明这个问题的是工时定额与线条图。工序是线条图的组成部分，工序与工序之间本来存在着有机联系，但在线条图中没有得到明确的反映，因而线条图没有表达出系统这个概念。只是到了50年代，出现了计划协调技术，这种关系才以网络的形式得以表达。网络是某些系统的最形象、最简洁的表达形式，它的成功应用和得到普遍承认，便是系统重要性的一个证明。

1940年以后，由于工程技术的发展，人们对于系统的一个重要属性——信息反馈，逐渐加深了认识。其实信息反馈这一现象早在蒸汽机的调速器中就出现了。当负荷增加（减少）时，车速就相应地减慢（增快），调速器便因离心力的作用而增大（减小）进汽阀门。负荷的变化这一信息便反馈到进汽应如何增减这一决策中来，并从而自动地作出正确的决策。一个工厂由于鼓足干劲，在某一时期中提前完成了任务指标，为了今后能超额完成任务，这一信息应反馈到材料供应等决策之中，这是人所尽知的事实。也许可以说，在工厂中，任何一个决策都或多或少地牵涉到某一分系统的信息反馈。信息反馈失灵就会导致管理混乱。当然管理混乱还可

① 线条图是在计划协调技术出现之前习用的计划编制方法。按照这个方法，横坐标表示时间，用一个一个线条表示一系列任务，线条的起始端对应于任务的开始时间，线条的终止端对应于任务的完成时间，线条长短表示计划进度的长短。线条图有助于表示长期计划，却缺乏表达各项工作之间依赖关系的能力。把线条分割为更细致的事件，再用箭头把它们的依赖关系表现出来，就成为计划协调技术的网络图的前芽。

能由于其他种种原因。

在一个工厂中，物流是有目共睹，并且受到极大的注意。物流的畅通与否，是管理人员极为关心的事。例如在一个钢铁联合企业中，原料进入高炉炼成铁水，一部分铸成铁块，一部分运往平炉车间炼成钢水，铸成钢锭后，一部分运往钢锭库，一部分运往初轧厂的均热工段，均热后进初轧机，然后再分别到各分厂轧制成钢材。在这个主要的物流中，伴随着许许多多的信息流。事实上，均热炉的温度控制就是一个典型的信息反馈。在泥瓦匠的工作中，信息几乎都是无形的，是存放在人的头脑中。随着生产规模的发展，头脑中房屋的形象变成了蓝图，铁匠师傅打铁时看火候的经验演化为均热工段的加热时间表。会计人员计算工资的方法成为计算机的一个程序。工厂的规模越大、越复杂，在这六个要素中，相对来说信息这一要素的增长就越大。生产越自动化，对信息传递的速度和准确度要求就越高。物流的畅通与否在很大程度上依赖信息处理的好坏（包括信息加工、传输、存储、检索，以及各式各样大大小小的决策），因此信息这一因素日益受到重视，成为经营管理科学研究的中心课题之一。目前在我国的许多企业中，连最狭义的信息传递还处于相当落后的状态，要使我国工厂生产管理达到高水平也就不可能了。

人、物资、设备、财、任务和信息这六个要素，都要满足一定的制约。进行经营管理首先要认识这种制约，并从而能动地求得在制约下的系统的最优运转。制约分为两大类，一是经济规律的制约，一是技术条件的制约。如在计划协调技术中，物流必须满足技术条件所制约的加工先后顺序。认识这种制约才能画出网络并从而求得主要矛盾线。主要矛盾线所表达的完工时间又可能成为更大系统中某一工序的最优加工工时。在制约下求得总体最优是企业经营管理的一个重要概念。

通过六个要素，把一个复杂的生产体系组织管理好，需要科学，而这门科学也只是千百年来人们生产实践经验的总结，到本世纪初才有了一些具体结果。40年代之后终于成了一门比较成形的科学，即所谓的经营科学。

三

在国外常常把复杂工程系统的工程工作和大企业组织的经营管理工作并为一门科学系统，叫做“运筹学”（Operations Research）。其实这些概念都是近30多年来实践中发展起来的，当时认识不够深刻，用词也不一定妥当，现在该是总结明确的时候了。

不论复杂的工程还是大企业，以至国家的部门，都可以作为一个体系；组织建立这个体系，经营运转这个体系是一项工程实践，就如水利枢纽、电力网，或钢

铁联合企业的建设那样，是工程技术。所以应该统统看成是系统工程。当然，也正如我们习惯讲的工程技术又各有专门，如水力工程、机械工程、土木工程、电力工程、电子工程、冶金工程、化学工程等等一样，系统工程也还是一个总类名称。因体系性质不同，还可以再分：如工程体系的系统工程（像复杂武器体系的系统工程）叫工程系统工程，生产企业或企业体系的系统工程叫经济系统工程，国家机关的行政办公叫行政系统工程，科学技术研究工作的组织管理叫科学研究系统工程，打仗的组织指挥叫军事系统工程，后勤工作的组织管理叫后勤系统工程等等。也还可以再以专门工作方面来分，如档案资料的组织管理叫资料库系统工程，控制产品质量的组织管理叫质量保障系统工程等。

系统工程的概念和方法还可以用于更广泛的实践。除了上面讲的比较大的系统之外，设计一项不大的设备也要考虑设备各部件的协调，所以也要用系统工程的概念，因此在现有高等院校的工科专业课中也讲一点系统工程。我们这里说的组织管理科学也是吸取了这些实践经验而发展扩大的。其实再小一点的事也用得上系统工程的思想，如治病，要人、病、证三结合以人为主统筹考虑。这就是说要把人体作为一个复杂的体系，还要把人和环境作为一个复杂体系来考虑。

说到这里，大家也会感到系统工程的概念并不神秘，这是我们自有生产活动以来，已经干了几千年的事。在人类历史上，凡是人们成功地从事比较复杂的工程建设时，就已不自觉地运用了系统工程方法，而且这里面也自然孕育着理论。公元前250年，李冰父子带领四川劳动人民修筑的都江堰，由“鱼嘴”岷江分水工程、“飞沙堰”分洪排沙工程、“宝瓶口”引水工程这三项工程巧妙结合而成，即使按照今天系统工程的观点，这也是一项杰出的大型工程建设。当然人类的历史，是一个由必然王国向自由王国不断发展的历史，社会劳动规模的日益扩大，使人们日渐自觉地认识到了系统工程方法的必要性和重要性，要求我们对统筹兼顾、全面规划、局部服从全局等等原则从朴素的自发的应用提高到科学的自觉的应用，把它们从日常的经验提高到反映组织管理工作客观规律的科学理论。所谓科学理论就是要把规律用数学的形式表达出来，最后要能上电子计算机去算。这门科学理论是系统工程的基础，系统工程则是这门科学理论的具体运用。这门科学理论可以沿用一个已经建立的名词，还叫运筹学，但内容和范围更明确了。它是体系组织管理的实践所总结出来的、有普遍意义的科学理论，但有别于组织管理的具体科学实践——系统工程。从组织管理的实践到运筹学，再到系统工程的实践，完成了实践到理论，再用理论来指导实践的循环。打个比喻，一般常说的工程技术，其基础理论是基础科学，也就是数学、物理、化学、天文学、地学和生物学，尤其是数学、物理。各门系统工程的基础是运筹学，当然还有数学。这样，相当于处理物质运动的物理，

运筹学也可以叫做“事理”。

当然“事理”同数学、物理都充满了辩证法的道理，都是以辩证唯物主义作指导的。这对于我们的同志来说，是比较容易懂得的；但是对于那些长时间以来受形而上学、片面性毒害的资本主义国家的工程、生产以及其他方面的人员来讲，就是最浅显的辩证法都成为从来未听说过的新鲜事，以至把统筹兼顾、协调各方面矛盾的作用好像是系统工程和其理论基础的运筹学所特有，大喊大叫，这当然是不妥当的。但是他们这些人，通过长时间的实践，终于懂得了一些朴素的辩证法，而且运用到实际工作中去了，这又是一件好事。

运筹学的具体内容包括线性规划论①，非线性规划论②，博弈论③，排队论④，搜索论⑤，库存论⑥，决策论⑦等等；而且还要根据实际需要进一步发展。这新领域还很多，例如可靠性论⑧。当然，作为“事理”，运筹学还是一门年轻的科学，其整

---

① 线性规划（linear Programming） 经营管理工作中，往往碰到如何恰当地运转由人员、设备、材料、资金、时间等因素构成的体系，以便最有效地实现预定工作任务的问题。这一类统筹规划问题用数学语言表达出来，就是在一组约束条件下寻求一个函数（称为目标函数）的极值的问题。如果约束条件表示为线性等式及线性不等式，目标函数表示为线性函数时，就叫线性规划问题。线性规划就是求解这类问题的数学理论和方法。线性规划在财贸计划管理、交通运输管理、工程建设、生产计划安排等方面得到应用。

② 非线性规划（non-linear Programming） 如果在所要考虑的数学规划问题中，约束条件或目标函数不全是线性的，就叫非线性规划问题。非线性规划就是求解这类问题的数学理论和方法。工程设计、运筹学、过程控制、经济学等以及其他数学领域的许多定量问题，都可表示为非线性规划问题。

③ 博弈论（Game Theory） 是一种数学方法，用来研究对抗性的竞争局势的数学模型，探索最优的对抗策略。在这种竞争局势中，参与对抗的各方都有一定的策略可供选择，并且各方具有相互矛盾的利益。若仅有两方参与，则称为二人对策，若一人之所得即为对方之所失，则称为二人零和对策。二人零和对策和线性规划有密切关系。

④ 排队论（queuing theory） 是一种用来研究这样的公用服务系统工作过程的数学理论和方法，在这个系统中服务对象何时到达以及其占用系统的时间的长短均无从预先确知。这是一种随机聚散现象。它通过对每个个别的随机服务现象的统计研究，找出反映这些随机现象平均特性的规律，从而改进服务系统的工作能力。

⑤ 搜索论（search theory） 是一种数学方法，用来研究在寻找某种对象（如石油、矿物、潜水艇等）的过程中，如何合理地使用搜索手段（如用于搜索的人力、物力、资金和时间），以便取得最好的搜索效果。

⑥ 库存论（inventory theory） 经营管理工作中，为了促进系统的有效运转，往往需要对元件、器材、设备、资金以及其他物资保障条件，保持必要的储备。库存论就是研究在什么时间、以什么数量、从什么供应源来补充这些储备，使得保存库存和补充采购的总费用最少。

⑦ 决策论（decision theory） 决策论是运筹学最新发展的一个重要分支，用在经营管理工作中对系统的状态信息、根据这些信息可能选取的策略以及采取这些策略对系统的状态所产生的后果进行综合研究，以便按照某种衡量准则选择一个最优策略。决策论的数学工具有动态规划、马尔科夫过程等。

⑧ 可靠性理论（reliability theory） 在给定的时间区间和规定的运用条件下，一个装置有效地执行其任务的概率，称为装置的可靠性。可靠性理论就是研究可靠性的数学方法，是应用数学的一个重要分支。如何将可靠性较低的元件组成可靠性较高的系统，是可靠性理论的重要课题之一。

个发展也只才30多年，比不上物理学的几百年的历史。因此运筹学还很不成熟，很不系统。上面所举的运筹学各个分支也只能看做是将来“事理”这门科学的组成材料，还有大量的研究工作要做，使它更加系统、更加严密、更加完整。

系统工程的数学基础，除一般常常说到的数学基础之外，还有统计数学、概率论。控制论，包括大系统理论①，也是系统工程的基础。

我们相信用以上所说的概念来建立并发展系统工程、运筹学、数学理论以及其他有关科学这个科学体系，能解决所有组织管理的技术问题。所以我们要搞的系统工程不仅仅是“一门”组织管理的技术，而是各门组织管理的技术的总称。它现在还不完善，但可以逐步完善。

四

系统工程不仅需要科学理论工具，而且需要强有力的运算手段——电子计算机。

对于具有复杂关系的系统工程问题，在使用运筹学方法确定对系统的要求、系统的总指标、系统的总体方案以及系统的使用方法时，都需要用电子计算机。例如，为了在实际系统研制成功以前拟定与验证系统的总体方案，估计系统各组成部分之间的相互适应性，考察系统在实际的或模拟的外部因素作用下的响应，按照系统工程的方法，总是把与系统有关的数量关系归纳成为反映系统机制和性能的数学方程组，即数学模型，然后在约束条件下求解这个数学方程组，找出答案。这个过程就叫系统的数学模拟，它是用电子计算机来实现的。

电子计算机还是实施系统工程计划协调的重要工具。1958年美国在“北极星”导弹研制的计划管理中，首次采用了计划协调技术，把电子计算机用于计划工作，获得显著成功，加快了整个系统的研制进度。1963年，我国在国防尖端技术科研工作中，进行了类似的试验，为在我国大型系统工程的计划工作中推广应用电子计算机作了开创性的尝试。

对于不太复杂的研制任务，采用计划协调技术所需要的算术运算工作量还是人工所能胜任的。但是，对于复杂的研制任务，计算工作量就成为十分突出的问题。由各分系统组成的整个系统包括成千上万项工作任务，处理这种大规模的网络计划就需要电子计算机。在系统工程的计划工作中，采用电子计算机的几点好处：一是

① 大系统理论，（theory of Large Scale System） 现代控制理论新近发展的一个重要研究领域，研究的对象是规模庞大、结构复杂的各种工程的或非工程的大系统的自动化问题。诸如综合自动化的钢铁联合企业、全国或大区的铁路自动调度系统、区域电力网的自动调节系统、大规模情报自动检索系统、经济管理系统、环境保护系统等，就是这样的大系统。

电子计算机能形成一个高效的数据库，它可以按照计划部门和领导者的需要，把任何项工作的历史情况和最新进度显示出来；二是通过电子计算机对经常变动的计划进展情况进行快速处理；计划管理人员能够及时掌握整个计划的全面动态，及时发现“短线”和窝工，采取调度措施改变这种状况；三是电子计算机能在短时间内对可能采取的几个调度措施的效果进行计算比较，帮助计划部门确定最合适的调度方案。

因此我们可以说系统工程的建立是由于现代大规模工农业生产和复杂科学技术体系的需要，而系统工程实践的广泛发展，是由于电子计算机的出现。没有大型电子计算机和各种中、小型电子计算机的配合，尽管有高超的运筹科学理论，系统工程还是无法发展的。这就又一次说明电子计算机的划时代意义，又一次证明电子计算机是一项毛主席所说的技术革命。随着系统工程实践规模的扩展，我们将需要运算能力更大的计算机或计算机体系。我们不会满足于运算速度为每秒100万次的机器，我们还要制造每秒运算1亿次以及100亿次的机器。

五

讲完了系统工程的内容和其理论基础及有关的学科，就可以来考虑培养新时期组织管理的专门人才。我国现在已经有不少高等院校开始了这方面的教学，这是很可喜的现象。我们在这里要说的是专门的高等院校，也就是怎样办组织管理方面的专门高等院校。

先从专业的设置说起。系统工程的各个分支就是各门专业，如工程系统工程专业、经济系统工程专业、行政系统工程专业、科研系统工程专业、军事系统工程专业、后勤系统工程专业、资料库系统工程专业以及质量保障系统工程专业等。这也如同一般工程技术有许多门专业一样。

为了打好专业学习的基础，学生要在进入专业学习之前先学专业基础课，如运筹学、电子计算机技术。这两大门课教起来要分几部分来上，因为内容比较多。其他专业基础课可能有控制论、政治经济学、有关高等数学，如算法论[①]等。

① 算法论（algorithm theory）一个计算过程，就是从可变的初始材料导出所求的结果的过程。在数学中通常把确定这种过程的准确指令理解为算法。算法论的中心课题之一就是“什么问题可以用算法求解？”从而就有所谓可计算性理论。近年来由于组合性问题逐步受到重视，许多这样的组合问题来源于运筹学，于是发现所有存在有算法的问题可分为两类：一类是目前仅仅存在这样一种算法，它的计算时间随着问题规模的增大至少呈指数关系的增长，计算机工作者把这类算法称为非可行的算法；另一类是存在这样算法，它的计算时间只随问题规模的增大呈多项式关系增长，计算机工作者把这类算法称为可行算法。非常有趣的是，在上述第一类问题中，有许多问题至今只找到非可行算法，没有找到可行算法，而又未能证明不存在这种可行算法。这样就又有所谓计算复杂性问题。运筹学中的最佳化问题是计算复杂性研究的一个重要对象。

学生刚入大学的一年至两年自然要学基础课以及外语和政治课。基础课还是数学、物理和化学，可能内容和比重和一般工程技术的大学有所不同，要作些调整和更动。当然学生在校学习期间都要有适当的体育锻炼和生产劳动。

配合课堂上课，还要有实验室实践和结合专业的实习，包括电子计算机的使用。因为搞系统工程离不开电子计算机，不会用电子计算机的系统工程的毕业生是不可想象的。

以上说的是组织管理学院（或大学）的“工科”，即系统工程课程设计的概要。为了培养更多的组织管理学院或大学的教学人员，为了培养更多组织管理科学的研究人员，这种学院或大学还要设“理科”。“理科”专业就是前面所讲“工科”专业基础课的各门科学，如可以称作为“事理”的运筹学以及运筹学的几门分支学科，以及计算数学等。这些“理科”专业的基础课和“工科”的基础课大致相同。至于“理科”各专业的专业基础课自然不同于“工科”的各专业基础课，要另行设计了。当然在这里的课程设计是一个很初步的设想，许多具体细节还要进一步研究，还有许多问题也只能在教学的实践中去解决。我们在前面讲到运筹学本身也有待于系统化，而经过整理，很可能出现一门作为运筹学基础的“事理通论”，它就应该作为一门与数、理、化并列的基础课来教了。

我们设想了这样一种组织管理科学技术的大学，有“工”有“理”，与现行的一般工程科学技术的理工科大学平行的、另一种新的“理工科”高等院校。它的工科是培养从事应用工作的系统工程师，它的理科是培养从事基础理论研究工作的组织管理科学家。不论理科还是工科都要搞研究工作以不断提高教学质量。我们的组织管理高等院校不但要吸收和培养大批高考合格的知识青年，而且要开办进修班，吸收和培养我国现有的、数量众多而又有一定经验的组织管理干部，用现代化的组织管理科学技术武装他们，更好地发挥他们的才能。吸收组织管理干部进修还可以把他们的实践经验带到院校中来，丰富教学内容和促进组织管理的科学研究。我们不能只办一所这样的高等院校，也不是办几所，而是要办几十所，以至上百所这种新型理工结合的学院和大学。因为我们知道，我们需要的组织管理科学家和系统工程师，其数量和质量都决不会少于或次于自然科学家和一般工程技术的工程师。

此外，在工科院校也应恢复以前就有的工业企业管理课，使学习各传统工科技术的学生知道一些生产组织管理的知识，便于他们将来同组织管理专业人员合作共事。同样道理，也要考虑在传统理科院校开设组织管理课，使搞自然科学研究的科技人员能更好地同搞科学研究系统工程的人员协同工作。

我们这样干是一种创新。这也使我们想起100多年前的事：19世纪下半叶，当时工业生产后进的美国为了追上先进的西欧资本主义国家，创办了理工科结合的科

学技术高等院校，第一所这样的大学可以说是1861年建立的麻省理工学院。在本世纪20年代初美国为了同一目的又创办了着重培养研究人才的加州理工学院。这些突破传统的院校为美国培养了高质量的科学技术人才，使美国科学技术在本世纪中叶达到了世界先进水平。今天为了适应我国实现四个现代化的需要，在我国创办理工科结合的、培养组织管理科学技术人才的新型高等院校，并在其他高等院校设置这方面的课程，那我们一定能后来居上，使我国组织管理很快地达到世界最先进的水平！

选自《钱学森文集》卷二，第157～171页，北京：国防工业出版社，2012年1月第1版。

现代化、技术革命与控制论[①]

第一版《工程控制论》原是用英文写的，出版于1954年[②]，俄文版是1956年[③]，德文版是1957年[④]，中文版是1958年[⑤]。现在回顾那个时代，恍同隔世！在这20多年中，我们的国家和整个世界都经历了天翻地覆的变化。我国人民经受了这一伟大时代的革命锻炼，正走上新的长征，为实现四个现代化而奋斗。《工程控制论》这一新版的作者们，正是在这一时期锻炼成长起来的中国青年控制理论科学家们。他们，尤其是宋健同志，带头组织并亲自写作定稿，完成了工作量的绝大部分，是新版的创造者。有他们这一代人，使我更感到实现四个现代化有了保障。对这一新版，我是没有做什么工作的，但为了表达对他们的敬意，同时也算是对我国20多年来伟大变革的纪念，纪念我们这一段共同的经历，我要为宋健等同志创造的新版写一篇序。

序的总题目，就是如何加速实现党中央号召，全国人民所向往的农业、工业、国防和科学技术现代化。实现四个现代化就必须发展生产力；而发展生产力的一个重要方面就是推进技术革命。所以，我就从技术革命讲起，最后说到本书的题目：控制论。

一

讲技术革命，首先要提一下其他几个有关的词汇。

20世纪现代科学技术的伟大成就，正在对生产以及整个社会产生着巨大的冲击。有人常常用“新的工业革命”、“第二次工业革命”、“第三次工业革命”、“科学技术革命”等等词句来表达现代科学技术伟大成就的社会意义。但是，我们在使用这些词句时，不应忽视这些词汇的背景。

这就有必要回溯到20世纪40年代末，对这些提法的来历作一番考察。

---

① 本文为《工程控制论》（修订版）（1980年）的序言。

② Tsien，H. S. Engineering Cybernetics[M]. McGraw-Hill Book Company，（1954）。

③ ЦянБ-Сюэ-Сэнь.Техническая Кибернетика.перевод с ангиискогоМЗЛитвина□СедогоподредакициейААФслдбаума.ИЗ.ИностранноЙЛитературы.1956.

④ Tsien，H. S. Technische Kybernetik， übersetze von Dr. H. Kaltenecker，Berliner Union，（1957）。

⑤ 钱学森：《工程控制论》，戴汝为等译自英文版，科学出版社，1958年。

控制论的奠基人N. 维纳在1947年10月这样说过："如果我说，第一次工业革命是革'阴暗的魔鬼的磨房'的命，是人手由于和机器竞争而贬值；那么现在的工业革命便在于人脑的贬值，至少人脑所起的较简单的较具有常规性质的判断作用将要贬值。"[①]因此，维纳是第一个把控制论引起的自动化同"第二次工业革命"联系起来的人。此后，J. D. 贝尔纳在1954年也提出自动化是一次"新的工业革命"，他说："我们有理由提到一次新的工业革命，因为我们引用了电子装置所能提供的控制因素、判断因素和精密因素，还有进行工业操作的速度大大增加了。巨型的自动化生产线，甚至完全自动化的工厂都有了……"[②]贝尔纳同时提出了"科学技术革命"这个名词，他说："20世纪新的革命性特征不可能局限于科学，它甚至于更寄托在下列事实，就是只有在今天科学才做到控制工业和农业。这场革命或许可以更公允地叫作第一次科学—技术革命"[③]。在维纳和贝尔纳之后，资本主义国家的学者日渐增多地采用这两个词，而尤以"第二次工业革命"这个词更为流行。

苏联学术界在1955年以前的一段时间内，曾经把"第二次工业革命"和"科学技术革命"作为美化资本主义的概念而加以拒绝；60年代初，态度发生转变，开始接受这两个概念；到了70年代，"科学技术革命"已经成为今天苏联学术界普遍接受的概念了[④]；虽然对"第二次工业革命"这个概念还有争论，但把它作为一个新概念接受下来也已成为事实。

当然，概念上的紊乱也是存在的：诸如一面讲"自动化是新的工业革命"、"计算机在工业上的应用正在引起第二次工业革命"、"第二次工业革命在本世纪早期始于美国，它指在例行的重复性的工作中，用自动控制和逻辑装置代替人的智力和神经系统"，然后又说什么"空间时代是工业革命的第三阶段。"一面讲"现代只有在苏联才发生新的工业革命"，另外又讲"不论在社会主义国家还是在发达的资本主义国家都正在发生新的工业革命即第二次工业革命"等等。在"科学技术革命"问题上的说法也很类似，诸如一方面讲"新的工业革命即科学技术革命"、又讲"科学技术革命作为一个过程，按其内容和本质是不同于工业革命的"，还说"科学技术革命是第二次工业革命的先驱"、"科学技术革命即管理工艺过程的革命"、"科学技术革命是由于科学起着优先作用而实现的现代社会生产力的根本变革"等等。其实科学技术革命这个词就容易和概念上完全不同的科学革命混淆，科学革命是指人类认识客观世界的重大飞跃，在自然科学领域里的科学革命已经由库

① N. 维纳：《控制论》，科学出版社，1962年，第27页。
② J. D.贝尔纳：《历史上的科学》，科学出版社，第471页。
③ J. D.贝尔纳：《历史上的科学》，科学出版社，第752页。
④ 费多谢耶夫："科学技术革命的社会意义"，苏联《哲学问题》杂志，1974年第7期。

恩[①]作了详细的阐述。所以科学革命只是认识客观世界，还不是改造客观世界，它们有联系、但又是不相同的。

苏联学术界对待“第二次工业革命”和“科学技术革命”这两个概念的态度，为什么有一个曲折的过程？这也是一个值得思考的问题。1972年，苏联《哲学问题》杂志在第12期的社论中宣称，“科学技术革命”使“生产的相互关系”、“社会的状态”和“社会的结构”等等“发生了根本的变化”，“现代世界发生的深刻变化”迫使人们对马列主义基本原理做“这样或那样的修正”[②]。从这个观点，人们不难看出，这些人提出科学技术革命的目的是要修正马克思主义基本原理。

科学的社会科学，应该把它所有的概念同马克思主义的基础协调起来，并且实现精确化。对“第二次工业革命”、“科学技术革命”这些流行概念给以必要推敲和订正，这不仅是科学的社会科学工作者的任务，而且也是自然科学技术工作者的任务。为此就有必要回到“产业革命”或所谓“第一次工业革命”这个问题上来。

二

最先提出“产业革命”概念的是恩格斯。继恩格斯之后，有法国人著作中的“产业革命”概念，也有英国资产阶级经济历史学家托因比的“产业革命”概念[③]。必须说，只有马克思主义的“产业革命”概念才是真正科学的概念。恩格斯在1845年出版的《英国工人阶级状况》一书中，关于“产业革命”的论述，是科学的社会科学对“产业革命”概念的最早论述。恩格斯说：“英国工人阶级的历史是从18世纪后半期，从蒸汽机和棉花加工机的发明开始的。大家知道，这些发明推动了产业革命，产业革命同时又引起了市民社会中的全面变革，而它的世界历史意义只是在现在才开始被认识清楚。”“产业革命对英国的意义，就像政治革命对于法国，哲学革命对于德国一样。但这个产业革命的最重要的产物是英国无产阶级”[④]。

什么是“技术革命”呢？首先给予“技术革命”概念以精确化定义的是毛主席。毛主席在50年代就使用过技术革命这个词，它往往是和技术革新并列的。但毛主席没有停留在这样一般的认识上，后来他进一步发展和总结了历史上生产力发展的规律，阐明了技术革命这一概念，指出：“对每一具体技术改革说来，称为技术

---

① T. S. 库恩：《科学革命的结构》，上海科学技术出版社。

② 苏联《哲学问题》杂志：“今日之历史唯物主义：问题与任务”，1972年第10期社论。

③ A. Toynbee, Lectures on The Industrial Revolution in England. London,（1884）。

④ 恩格斯：《马克思恩格斯全集》，第二卷，人民出版社，1957年，第281、296页。

革新就可以了，不必再说技术革命。技术革命指历史上重大技术改革，例如用蒸汽机代替手工，后来又发明电力，现在又发明原子能之类。”毛主席举出了三个技术革命的例子，其中两个是历史上的，一个是现代的。把它们作为技术革命的典型加以研究，会给我们什么启发？毛主席这段话的历史意义和现实意义是什么呢？

蒸汽机技术革命同18世纪工业革命既有联系、又有区别。在工场手工业时期，1688年英国人托马斯·萨弗里发明了利用蒸汽冷凝产生的真空和蒸汽压力工作的抽水用蒸汽泵；两年之后法国人巴本证实了德国人莱伯尼兹提出的蒸汽可在汽缸中推动活塞的原理；1712年英国人托马斯·纽柯门做成用蒸汽和空气压力工作的一种蒸汽泵，用于矿井抽水。但是，这些蒸汽机并没有引起工业革命，相反的，正是由于创造了工具机，才使蒸汽机的革命成为必要①。1764年出现珍妮纺纱机，1767年出现水力纺纱机，1785年出现骡机，这一系列工具机的发明促使瓦特实现了蒸汽机的革命。1764年他在格拉斯哥大学修理纽柯门机器的模型时产生了他的伟大发明，1769年他获得第一种蒸汽机专利，1784年获得第二种蒸汽机专利，1785年蒸汽机开始用来发动纺纱机，1786年建成博尔顿·瓦特蒸汽机工厂。

瓦特的蒸汽机是大工业普遍应用的第一个动力机，它取代了在生产过程中作为动力提供者的人。一台蒸汽机推动许多台工具机，形成有组织的机器体系，这就是工厂制度的诞生。从1786年到1800年，瓦特的工厂共生产了500多台蒸汽机，大大加速了工业革命的步伐，“工场手工业时代的迟缓的发展进程变成了生产中的真正狂飙时期”②，蒸汽机成为大工业迅速发展的推动力，“推动力一旦产生，它就扩展到工业活动的一切部门里去……当工业中机械能的巨大意义在实践上得到证明以后，人们使用一切办法来全面地利用这种能量”③。所以是蒸汽机技术革命导致了工业革命或产业革命。

我们再看毛主席举的技术革命的第二个例子：电力的发明和应用。1831年法拉第对电磁定律的发现，为电力的发明奠定了基础。1878年，爱迪生发明能在商业上普遍应用的双极发电机，并提出由一个公共供电系统向用户供电的计划；次年，爱迪生制成白炽灯；再下一年，爱迪生的电灯首先展示在“哥伦比亚”号轮船上。适应社会对这种前所未有的干净、明亮的照明工具的需要，很快出现了一个完全新型的工业——电力工业。1882年爱迪生的发电厂和供电系统在纽约运转；同一年在慕尼黑电气展览会上，法国物理学家马赛尔·德普勒展出了他在米斯巴赫至慕尼黑之间架设的第一条实验性输电线路，从此开始了交流电远距离传输技术的大发展。电

① 马克思：《马克思恩格斯全集》，第二十三卷，人民出版社，1972年，第412页。
② 恩格斯：《反杜林论》，人民出版社，1970年，第258页。
③ 恩格斯：《马克思恩格斯全集》，第二卷，人民出版社，1957年，第291页。

力的发明从照明开始，但由于它解决了动力的分配、传输和转换问题，所以很快在大工业中得到普遍应用。马克思在他逝世前夕，曾以极为喜悦的心情密切注视着电力的发明。在1883年，恩格斯针对电力的发明说："这实际上是一次巨大的革命。蒸汽机教我们把热变成机械运动，而电的利用将为我们开辟一条道路，使一切形式的能——热、机械运动、电、磁、光——互相转化，并在工业上加以利用。循环完成了。德普勒的最新发现，在于能够把高压电流在能量损失较小的情况下通过普通电线输送到迄今连想也不敢想的远距离，并在那一端加以利用——这件事还只是处于萌芽状态——这一发现使工业几乎彻底摆脱地方条件所规定的一切界限，并且使极遥远的水力的利用成为可能，如果在最初它只是对城市有利，那么到最后它终将成为消除城乡对立的最强有力的杠杆。但是非常明显的是，生产力将因此得到极大的发展，以至于资产阶级对生产力的管理愈来愈不能胜任。"[①]实践证实了恩格斯的科学预见，"电力工业是最能代表最新的技术成就和19世纪末、20世纪初的资本主义的一个工业部门"[②]，而且直到今天也仍然是如此。是电力技术革命推进了资本主义转入垄断阶段，出现了资本帝国主义，即帝国主义。

蒸汽机和电力这两个历史上的技术革命例子，使我们把科学技术的发展作为一种社会过程、社会现象来研究，从它的发展规律，能够找到一条线索：生产力的发展史是以技术革命划分阶段的。这是毛主席关于技术革命的重要论述对我们的启示。

三

生产力始终处在发展过程中，而这种发展过程又首先是从生产技术的改革开始的。生产力的发展水平取决于生产技术的高低。生产力的发展同一切事物一样，总是采取两种状态，即相对稳定的发展状态和飞跃变动的发展状态，换句话说，即生产力的发展呈现一种阶段性。"由粗笨的石器过渡到弓箭，与此相联系，从狩猎生活过渡到驯养动物和原始畜牧；由石器过渡到金属工具（铁斧、铁铧犁等等），与此相适应，过渡到种植植物和耕作业；加工材料的金属工具进一步改良，过渡到冶铁风箱，过渡到陶器生产，与此相适应，手工业得到发展，手工业脱离农业，独立手工业生产以及后来的工场手工业生产得到发展；从手工业生产工具过渡到机器，手工业-工场手工业生产转变为机器工业；进而过渡到机器制造，出现现代大机器

① 恩格斯：《马克思恩格斯选集》，第四卷，人民出版社，1972年，第436页。

② 列宁：《列宁选集》，第二卷，人民出版社，1972年，第788页。

工业，——这就是人类史上社会生产力发展的一个大致的、远不完备的情景。”[①]这是对生产力发展阶段性的最形象描述。在这一幅生产力发展的大致情景中，每当生产力出现一次飞跃变动，就意味着某一技术革命被引进到了社会生产之中。革命就是量变到质变的飞跃，每一技术革命的本身就是经过一个时期实践经验的累积，有时还要经历很长的孕育时期，然后才显示出来。它一出现又立即影响了整个社会生产，引起生产力的飞跃发展。人类社会生产力和整个社会的发展就是这样波浪式地前进。技术革命是那些引起生产力飞跃发展的技术变革，不是生产力持续发展的一般技术改革或技术革新。

技术、技术革命属于劳动过程或生产过程[②]，“生产过程可能扩大的比例不是任意规定的，而是技术上规定的。”[③]技术革命乃是生产力发生飞跃变化的技术根源，而生产力的飞跃发展又必然推动社会历史的阶段性变化。是蒸汽机技术革命带来了产业革命这一生产力的飞跃变化，推进了自由资本主义的兴起；而电力技术革命却加速了资本主义的历史进程，促使它进入垄断资本主义。这就是毛主席提出技术革命这一科学概念的伟大而深远的涵义。同时，我们也看到，“技术革命”一词比前几节中介绍的其他几个词汇更精确，更有利于讨论研究问题。

为了极大地提高我国社会生产力，我们应该深入研究当前出现的几项技术革命的涵义，探索正在酝酿、即将出现的技术革命，能动地推进技术革命，加速我国四个现代化的建设。

四

我们先讨论核能技术革命。

核能技术是本世纪初物理科学的伟大产物。1909年，爱因斯坦发现了质能等效性原理，预示了原子核反应所释放的能量比化学反应释放的能量大几百万倍的可能性。此后，科学家为敲开核能宝库的大门进行了不懈的努力。1932年恰德威克发现中子，找到了分裂原子核的钥匙；1938年末，哈恩和斯特拉斯曼用中子轰击铀，发现了铀原子核的可裂变性；次年1月27日，在美国华盛顿举行的物理学家会议上，波尔和费米介绍了上述发现的重大意义，费米首先提出了链式反应的理论；1942年12月2日，费米在芝加哥大学建成第一个原子反应堆，首次用实验证明：在可裂变

① 斯大林：“辩证唯物主义和历史唯物主义”，《斯大林文选，1934-1952》上册，人民出版社，1962年，第199页。

② 马克思：《马克思恩格斯全集》，第二十四卷，人民出版社，1972年，第44、123页。

③ 马克思：《马克思恩格斯全集》，第二十四卷，人民出版社，1972年，第91页。

的铀核中能够产生自维持的链式反应，从而迎来了核能技术的黎明。

核能是一种十分集中的新能源。1公斤铀所含的裂变能量约相当于2000吨煤。全世界有丰富的铀储量，在煤、石油、天然气日益枯竭的情况下，原子核的裂变能是一个有广阔前途的新能源；一座100万千瓦的核电站正常运行一年，节省的矿物燃料相当于145万吨石油或236万吨煤或16.5亿立方米天然气；据1976年国外统计资料，核电站的每千瓦小时电总平均费用已低于烧煤和石油的火力发电。正如蒸汽机出现时的情形一样，当核能的巨大意义在实践中得到证明之后，人们就会全力以赴把这种现代生产力发展的巨大推动力扩展开来。自1959年出现第一座商用核电站以来，新兴的核能电力工业正在迅速发展，截至1978年6月30日止，全世界已建成运行的电功率在3万千瓦以上的核电站已达207座，总电功率约达1.08亿千瓦；全世界正在建设的核电站有219座，总电功率达1.96亿千瓦；正在计划建设的核电站有123座，总电功率达1.24亿千瓦。预计到公元2000年，全世界核电站的装机容量将达13—16亿千瓦，届时将占全世界总发电量的45%。

早在发现核裂变前，科学家就了解到，包括太阳在内的恒星其持续发射的巨大能量来自轻元素的核聚变。但这种核聚变反应是在一个极高的温度和压力环境中维持的，人工创造这样一个环境现在还做不到。比较容易一点的是氘的聚变，而地球海洋里就有极大量的氘；一升海水中就可以提取约33毫克的氘，这一点氘的聚变能量就等于300升的汽油！但就是氘聚变也不是轻而易举的，在1945年6月15日首次裂变原子弹爆炸实现后，到1952年才实现了第一次聚变“氢弹”爆炸。现在人们正向可控制聚变反应——建设聚变反应核电站的目标前进，有可能在本世纪末实现。这样仅海水中的氘所含的能量就够人类用了。

五

对现代生产产生深远影响的第二项技术革命是电子数字计算机。

蒸汽机和电力实现了生产过程的机械化，而监督与调整生产过程的工作仍需人工来完成。工人要不断照料机器的动作，用眼、耳和神经系统来直接获取生产过程的信息，然后由大脑对这些信息进行处理，作出要不要改变机器运行状况的决定，并通过手对机器的直接调整来执行这一决定。20世纪初以来，产生了能对各种物理量进行精确测量的感受器件，也产生了各种执行机构。获取机器生产状况的信息的工作，就由感受器件取代了人的器官；控制决定的执行，由执行机构取代了手对机器的直接调整。但是，控制决定还得由人直接作出，整个生产过程还需人的直接参与。这样一种状况影响着生产率进一步发展。对一些日益精密化、快速化的现代工

业过程（如化学工程过程），人工控制已完全不能胜任，因为在这种情况下人的思维在速度、可靠性和耐力方面都显得不够。50年代出现了模拟式自动控制设备，在一些不太复杂的生产过程中实现了自动控制。但是，这种设备一般不能用于复杂的现代化工业过程，不能进行数据处理，也不能用于整个工厂或车间的全盘自动化。电子计算机的出现并应用于工业生产，才使自动控制技术产生了革命。第一，电子数字计算机具有计算精确的特点，和数字化感受器件、数字化执行机构结合，能够实现工业生产过程的精密控制；第二，电子数字计算机具有很大的计算能力，可以根据生产过程运行状况的改变而自动改变调节参数；可以计算出生产过程的发展趋势，以便决定应当预先调整那些操作条件。所以计算机能够对复杂的工业生产过程实现自动控制；第三，计算机不仅能对生产过程进行最优控制，而且能对包括感受器件、执行机构和计算机本身在内的全部生产设备进行监督控制。所以计算机能够实现整个企业和企业体系生产过程的全盘自动化。

关于过程的信息，是调节与控制这个过程的手段。人和人需要交换信息，人和机器也需要交换信息，任何社会实践过程都需要处理信息。人处理信息的能力，直接影响着他调节与控制事物的能力。电子计算机作为最具普遍意义的信息自动化处理设备，除了用于生产过程的数字自动化控制外，还广泛用于军事技术、科学研究、天气预报、交通运输、组织管理、信息管理、财政贸易和日常生活等领域，并成为现代化社会一种最富有代表性的装备。据1976年年底的统计数字，每百万就业人口（不包括农业）所拥有的通用电子数字计算机，美国是1800余台。日本、联邦德国是800余台，这个数字还在迅速增长中。

六

对现代生产和现代科学技术的面貌产生深远影响的第三项技术革命是航天技术。航天技术，是把航天应用于生产、科学技术和军事的一大类新技术的总称，是20世纪50年代诞生的重大技术成就。航天技术短短20余年的发展历史，不仅表现出在军事上的重要性，而且显示出了它在社会生产和科学技术范围内的巨大应用潜力。

航天技术首先把作为社会生产过程一般条件的通信手段提高到了一个全新的发展水平，实现了一种理想的天上中继站——通信卫星。利用卫星通信，不需要敷设电缆或微波接力站，极少受大气干扰，作用范围广，可靠性高，而且通信容量大。一颗通信卫星的通信能力与100条越洋海底电缆相当。利用卫星通信，实现了电视对广大用户的直接广播；利用卫星通信，可以把大范围内的信息处理设备沟通形成

信息网络。

航天技术实现了气象观测方式的革命。气象卫星能够在全球范围内对海洋、大陆和大气层进行观测；能够昼夜提供全球性的云图照片；能够对关键性的气象参数的垂直剖面图进行精确探测；能够连续监视大片地区的天气现象，并对研究台风一类灾害性天气现象有很大的作用。航天技术还能用于监视地壳的活动现象，并对地震和火山活动的预报作出贡献。

"运输业是一个物质生产的领域"，海运、空运的导航技术与社会生产的发展紧密相关。航天技术提供了一种理想的天上无线电导航台——导航卫星，从天上直接给飞机、船舶、潜艇传送导航信号，大大提高了导航系统的经济性、可靠性和精确性。卫星导航技术的最新发展，将可以提供全球性的、连续性的、高精度的导航业务，定位误差不超过10米，测速精度为每秒3厘米，比地面无线电导航提高近100倍！

航天技术提供了一种经济、有效的自然资源大面积普查手段。地球资源卫星可以用于土壤资源的调查、规划和开发，农作物长势和病害预报，矿物资源普查，水文勘测，林业、牧业资源管理，海洋资源调查，等等。

航天技术还开辟了"天上生产"的远景。例如，在赤道同步卫星轨道上，太阳产生的能量密度率约为每分钟每平方厘米二卡，而且不受地球昼夜和天气变化的影响，我们可以设想在未来利用这种环境在天上建设大型太阳能电站持续发电，然后通过大功率微波器件转换成微波能量，定向发射回地面接收站，再转换成工业和民用所需的电力。

由于航天技术的最新发展，在20世纪80年代将出现一种先进的可往返使用的航天运载工具——航天飞机。航天飞机将取代先前一次使用的卫星运载火箭；将能够对在轨道上运行的通信卫星、导航卫星、地球资源卫星、气象卫星和科学卫星进行维修服务；将能把已在轨道上完成了任务的有效载荷取回地面，以便修复使用或供改进技术用；将能为航天技术提供经济的"天上实验室"；将能使利用天上无重力环境进行"天上生产"成为现实。航天飞机的发展将把航天技术革命进一步推向深入。

航天技术对生产和科学技术的发展将继续产生深远的影响。从根本上说，这是由于航天具有极其深刻的认识论意义。任何知识的来源，在于人的肉体感官对客观外界的感觉。因此，任何技术的发展都与人类眼界扩大的程度相关。航天技术提供了一个极其优越的位置，从天上来发展我们对地球、大气层和整个自然界的认识，使人的眼界有一个飞跃的扩大。在航天技术出现之前，人局限在地球上，眼界很小，对范围极其辽阔的陆地、海洋、大气层进行一番系统的考察，所需要的时间

是十分长的；对范围很大的区域性、洲际性甚至全球性的自然现象，根本无法直接观察；对环境条件恶劣地区的自然现象，难以深入考察；对一些迅速变化的自然现象，人也缺乏连续观察的能力。航天技术从根本上改变了这种状况。应用目前已经成熟的技术，从数百公里高的卫星轨道上对地球拍照，一张用于地质普查的卫星照片可以覆盖地面3.4万平方公里，为普通航空观测照片的340倍！应用离地面3.5万多公里的赤道同步卫星，可以连续“俯视”大约半个地球表面。航天技术给我们提供了多种多样的天上观察站，以发展我们对自然界的认识：利用极地轨道卫星，可以在十多天内普查全球一次；利用赤道同步轨道卫星，可以连续不断监视地面自然现象；利用太阳同步轨道卫星，可以在太阳光照基本一致的条件下对自然特征进行对比研究。航天遥感技术还扩展了人对地表、洋面和大气层辐射的电磁波谱的识别范围，使一些表现在可见光区域以外的自然现象成为可以观察的。航天技术极大地延伸了人的眼力。以天文观察为例，最近发现的发射X光和γ射线的星源和与其相关的一系列所谓高能天文学现象，没有天文卫星这个工具是不可设想的。又如从地球用光学望远镜观察火星表面只能辨认出尺度大于300公里的特征；而飞往火星的航天探测器，能在几千公里的近距离拍摄火星照片并传回地球，使分辨能力一下提高了100倍！环绕火星的航天探测器进一步把这一能力提高到1000倍以上；而在火星表面软着陆的航天探测器则能对其表面进行直接探测，并将结果传回地球。各种各样的行星探测器使人的眼力一下子延伸了数千万甚至成亿公里！

以前我们是局限于地球表面来搞科学实验的，但就在这样的条件下，我们创造了如此丰富的科学技术，如此丰富的知识宝库。今后我们可以跳出地球表面，进入太阳系的空间，我们对宇宙的认识必然会有一个飞跃！

七

除了以上所说的三项当代技术革命，核能技术革命、电子计算机技术革命和航天技术革命之外，我们还看到现代科学技术的重大突破正酝酿着另外几项技术革命。例如激光技术的发展将会导致新的技术革命，开创光子学、光子技术和光子工业[①]。又如遗传工程的发展也将会导致新的技术革命，开创按人的计划，创造新的生物种属，而不光是靠老天爷培育生物种属。还可能有其他技术革命。五、六项技术革命同时并进，百花齐放，万紫千红，是人类历史上从未有过的局面！

但所有这些科学技术的发展，所有这些技术革命都直接与控制论联在一起。控制论的发生可以追溯到电力驱动技术，即电力技术革命；而控制论的成长则同当代

① 钱学森：“光子学、光子技术、光子工业”，《激光》，1979年第1期。

几项技术革命分不开的。可以预言，控制论的进一步发展也必将同我们以上论述的技术革命的进一步发展紧密相配合。让我们看一看几十年来的历史。

1944年那一台名叫MARK-I的大型继电器式计算机，1945年宾夕法尼亚大学那台采用电子管代替继电器的ENIAC电子计算机，都出现在控制论完全形成之前。但是，用替续的开关装置和用二进制作为电子计算机设计的最合适基础，完全是受惠于从1942年前后开始的控制论思想的发展：人的神经系统在做计算工作时，作为计算元件的神经元或神经细胞，实质上可以看作只具有两种动作状态的替续器。工程控制论出现以后，已日益深刻地被应用于指导电子计算机的设计。例如，能够记住主题并把以后接受的信息同这个主题联系起来的智能终端，能够识别语言波形、完全按照声音来操作的计算机，能够直接把图像转变为数字信息存储、处理的计算机，以及具有一定自学习、自组织功能的以电子计算机为心脏的机器智能等等，都是按照控制论原理来革新电子计算机体系结构的一些新发展。工程控制论正在推动电子计算机技术革命的深入。这样一个现实已经来到了人类的面前：由电子计算机和机器智能装备起来的人，已经成为更有作为，更高超的人！

工程控制论在其成形的时候，就把设计稳定与制导系统这类工程实践作为主要研究对象。虽然，作为现代火箭技术和航天技术萌芽的V-2火箭在控制论诞生之前好几年就出现了，但是，同应用工程控制论所实现的高精度、高可靠性的制导技术比较起来，V-2的机电式制导系统实在是太原始了。法西斯德国向伦敦发射了2000枚这种射程300公里的火箭，只有1 230枚落入市区，这其中又仅只有半数落在距目标中心13公里的范围之内。而现代制导技术可以达到这样的成就：射程1万公里的洲际导弹弹头落点圆公算偏差在30米以内；“海盗号”航天飞行器在远距地球7000万公里之遥的火星实现了准确的软着陆。各种人造地球卫星、行星探测器、运载火箭以及航天飞机，都是高度自动化的机器。航天遥测、航天遥控、航天遥感，还有航天测控信息的远距离传递，都是工程控制论在航天技术革命发展过程中建立的里程碑。

高精度、高可靠性自动调节、自动控制和自动监测系统，对核能技术的发展极具重要性。在核电站发展的早期，一般采用常规的机电自动控制技术和仪表。1963年，在核电站调节、控制与监测工作中首次引用了电子计算机控制，并获得了很大成功；到60年代末期，电子计算机控制已在核电站上广泛应用。全面采用电子计算机监视和控制，是当前核电站技术发展的显著特征。现代电力网建设，要求核电站在运行过程中能随电网负荷的变动而自动调整功率输出，只有应用多变量最优控制以及能预测控制变量的前馈控制等现代控制理论，才能实现这个目标。

控制论的对象是系统。所谓系统，是由相互制约的各个部分组织成的具有一

定功能的整体。一个蒸汽机自动调节器是一个系统，一部自动机器是一个系统，一个生物体是一个系统，一条生产线是个系统，一个企业是个系统，一个企业体系是个系统，一项科学技术工程是个系统，一个电力调节网是个系统，一个铁路调度网是个系统；还有，一个经济协作区是个系统，一个社会组织也是一个系统。有小系统，有大系统，也有把一个国家作为对象的巨系统；有工程的系统，有生物体的系统，也有既非工程的，也非生物的系统。为了实现系统自身的稳定和功能，系统需要取得、使用、保持和传递能量、材料和信息，也需要对系统的各个构成部分进行组织。生物系统的组织是一种自组织，能够根据环境的某些变化来重新组织自己的运动的工程系统是自动控制系统。

在工程系统的实践经验基础上，20世纪60年代兴起一类新的工程技术，即系统工程[①]，系统工程已从工程的系统推广应用到了非工程的系统，从工程系统工程发展到了经济系统工程和社会系统工程（简称社会工程）[②]。系统工程是各类系统的组织和管理技术。各类系统工程的共同理论基础是运筹学。但控制论研究系统各个构成部分如何进行组织，以便实现系统的稳定和有目的的行动，所以系统工程又与控制论有关。这就扩大了控制论概念的影响。

另一方面也还有这样的情况：由于机械自动调节与控制技术的发展，20世纪40年代末正式形成了控制论科学。控制论原理已成功地应用于工程系统、生物系统和高级神经系统，50年代诞生了工程控制论和生物控制论。60年代，现代控制论发展形成的大系统理论，已把控制论的方法推广到了既非工程又非生物的系统——经济系统，从而正在出现一个新的控制论分支——经济控制论。面临这样一种发展形势，人们自然要问，控制论方法能否对比大系统更大的巨系统即社会系统发挥效用？

维纳在1948年曾经说过，那种认为控制论的新思想会发生某种社会效用的想法是“虚伪的希望”，“把自然科学中的方法推广到人类学、社会学、经济学方面去，希望能在社会领域里取得同样程度的胜利”，这是一种“过分的乐观”[③]。控制论的现代发展证明维纳1948年的观点是过于保守的。把一些工程技术方法推广应用到社会领域也不是“过分的乐观”，而是现实。运筹学已用于经济科学，并将应用于更大的社会领域。

恩格斯曾经预言，在社会主义条件下，“社会生产内部的无政府状态将为有

① 钱学森、许国志、王寿云：“组织管理的技术——系统工程”，《文汇报》，1978年9月27日。

② 钱学森、乌家培：“组织管理社会主义建设的技术——社会工程”，《经济管理》，1979年第1期。

③ N．维纳：《控制论》，科学出版社，1962年，第162、163页。

计划的自觉的组织所代替”[①]。充分利用社会主义经济规律的调节作用，能够组织自觉运转的经济系统，这样的系统实质上也是一种自动系统；充分利用社会主义建设的客观法则和统计规律的调节作用，如恩格斯所预言，可以实现社会生产的“有计划的自觉的组织”，实质上这就是一种巨型的系统，所以，控制论所研究的系统的运动形式，在高级形态的系统——社会系统中，也是存在的。因此，没有理由认为控制论的社会应用是一种“虚伪的希望”。这是一种已经看得见曙光的真实的希望。在社会主义条件下，一门新的科学终将诞生，这就是社会控制论。这样一门科学不会在资本主义制度下出现，因为，“资产阶级社会的症结正是在于，对生产自始就不存在有意识的社会调节”[②]。

八

作为技术科学的控制论，对工程技术、生物和生命现象的研究和经济科学，以及对社会研究都有深刻的意义，比起相对论和量子论对社会的作用有过之无不及。我们可以毫不含糊地说从科学理论的角度来看，20世纪上半叶的三大伟绩是相对论、量子论和控制论[③]，也许可以称它们为三项科学革命，是人类认识客观世界的三大飞跃。但我们比较这三大理论，也看到它们，特别是前两者与后者的区别。相对论是处理宏观物质运动的基础理论，量子力学是处理微观物质运动的基础理论。它们有一个共同点，都是研究物质运动的；还有一个共同点，都是基础理论，即人们实践的基本总结，物质运动不管什么形式，都是以此为依据的。控制论则不然，它的研究对象似乎不是物质运动，而且好像也还没有深入到可以称为基础理论。这就发人深思了。相对论和量子力学的典型可以引导我们设想控制论的进一步发展的方向。

为什么说控制论似乎还不够深入呢？从控制论上述的形成和发展来看，它是原始于技术的，即从解决生产实践问题开始的。工程控制论首先建立，是控制工程系统的技术的总结，即从工程技术提炼到工程技术的理论，即技术科学。有了这样一门技术科学——工程控制论，就如前面讲到的，我们又发现生物生命现象中的一些问题也可以用同样的观点来考察，从而建立了生物控制论。再进而发展到经济控制论以及社会控制论。现在我们如果把这四门技术科学加在一起称为控制论，这样形成的所谓控制论还是一个混合物，没有脱离其本来技术科学的面目；特性的内容多

① 恩格斯：《反杜林论》，人民出版社，1970年，第279页。

② 恩格斯：《马克思恩格斯选集》第四卷，人民出版社，1972年，第369页。

③ 童天湘：“控制论的发展和应用”，《哲学研究》，1979年第2期。

些，普遍存在的共性内容不够突出。能不能更集中研究“控制”的共性问题，从而把控制论提高到真正的一门基础科学呢？能不能把工程控制论、生物控制论、经济控制论、社会控制论等等，作为是由这门基础科学理论控制论派生出来的技术科学呢？

理论控制论的对象是不是物质的运动？因为世界是由运动着的物质构成的，控制论的对象自然还是客观世界，所以控制论的研究对象最终还得联系到物质，只不过不是物质运动本身而是代表物质运动的事物因素之间的关系。有些关系是直接的；有些关系不直接，要通过信息通道，表现为信息。此外，为了控制，即使受控对象按我们的预定要求行事，我们还加入若干控制量和控制量与事物因素以及信息之间的关系。事物因素、信息和控制量形成一个相互关联体系，表现为可以用数学表达的一系列关系。我们要注意关联必须以数学形式定下来，也就是要定量，不然就没有控制论。理论控制论的任务就是根据这些定量的关系预见整个系统的行为。有些问题在控制论中是有决定性意义的：如系统的能控性问题和能观测性问题的普遍理论。

如果这就是我们要建立的基础科学理论控制论，那我们可以从这一新版《工程控制论》看到，我们达到的离我们的目标还有一定距离，深度还很差。要真正建立这门基础科学，还有待于今后控制论专业工作者们的努力。为了实现我国的社会主义现代化，为了促进当前的和即将到来的各项技术革命，我认为这一努力是很有意义的。

在写这篇序的过程中，王寿云同志帮助我查阅并整理了很多资料，付出了辛勤的劳动，我在此对他表示感谢。

写于1978年12月24日。

修改于1979年11月29日。

选自钱学森著《工程控制论》（新世纪版），第296—309页，上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学

对于如何加速发展我国科学技术，大家议论很多，有许多文章，我读了也很受启发，很受教育；也促使我思考这方面的问题，也就是如何把人从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践所总结出来的学问，包括自然科学、社会科学和工程技术，按照马克思列宁主义和毛泽东思想的立场、观点和方法，组织成为一个科学的、完整的体系的问题。这当然是个大问题，要解决这个问题无非为了能更好地掌握现代科学技术的规律，能动地推动我国科学技术的高速发展，实现四个现代化。但我知道得很不够，有些看法，也并不成熟，现在把它写下来，提请同志们讨论，批评指正，以便把问题搞得更清楚些。

系统和系统工程

就先从工程技术说起吧。其他工程技术大家熟悉，现在专讲系统工程。

什么叫系统？系统就是由许多部分所组成的整体，所以系统的概念就是要强调整体，强调整体是由相互关联、相互制约的各个部分所组成的。系统工程就是从系统的认识出发，设计和实施一个整体，以求达到我们所希望得到的效果。我们称之为工程，就是要强调达到效果，要具体，要有可行的措施，也就是实干，改造客观世界。

这样一说，系统和系统工程是普遍的，是我们经常在做的。哪一件事物不是由各个部分组成？我们办事不是总在协调各个部分的关系、要求较好的效果？那为什么近三十年，特别是最近十年才大力发展系统工程这门技术？理由可能有两个：一是现在一件事的规模和复杂程度都大大超过以前，花在协调各部分的工作量是很大的，要给以重视，要有专业人员；二是也因此有必要纠正近代科学发展约四百年来盛行的形而上学地看问题，以及分割各部分的习惯，强调照顾全局、辩证统一的观点。当然光有愿望去发展系统工程，如果没有工具也不行。这就有必要指出系统工程的理论工具是运筹学，计算工具是电子计算机，两者都是三十年来的科学技术成果。因此，今天加速发展系统工程[①]的条件是基本具备了的。

我们说基本具备，也就是有不具备的地方。有一类系统工程如工程体系的系统工程、生产企业或企业体系的系统工程、军事系统工程、后勤系统工程、资料库系

① 钱学森、许国志、王寿云：《组织管理的技术——系统工程》，《文汇报》，1978年9月27日。

统工程等是具备加速发展的条件的。但也有另外一类系统工程，主要由于作为该系统工程基础的、研究该事物运动和文化的规律的学问还不够完善或甚至还未建立起来，加速发展这门系统工程就有困难，我们首先要努力把事物本身的规律搞清楚。

医学就是一个这一类的例子。医学怎么也成了一门系统工程了呢？请问：我们不是要创造中医西医结合的我国新医学新药学吗？讲中、西医结合就是要强调中医学术中的整体观念，辨证论治思想，治病要人、病、证三结合以人为主统筹考虑。这就是要把人体作为一个复杂的体系，还要把人和环境作为一个复杂的体系来考虑。这就说明医学是系统工程，新医学新药学必须建立在这个观点上。但要具体去做，我们还需要大大加深生理科学的知识。我们要遵循中医从几千年实践总结出来的脏象、气血、经络等学说作为指导，一定要有这样一个思想基础。但不能停留在中医已经建立的理论上，不然怎么能进一步发展呢？我们要用现代科学技术为手段①②，大力开展生理科学的研究，真正把人这个对象搞清楚。事物本来是辩证的，生理科学的深入研究，必然会克服过去片面性、形而上学的缺点。近年来对神经体液（如下丘脑分泌），以及生物电的研究都说明这样一个趋向。所以建立我国新医学新药学的途径是组织并培养我国生理学研究力量，成倍地扩大和加强这支队伍，大力支持这方面的工作。

再举一个例子。保护一个健康的生活环境是一门技术，环境系统工程，它包括了人的生活活动，工业生产，农业、畜牧业、林业、渔业的生产，自然条件、气象变化等各个方面。这当然是一门要十分重视的系统工程，但要加速发展这门系统工程，也遇到对环境学③这个学科研究不够的困难，所以要大大加强对环境运动和变化规律的研究。建立环境学研究机构和培养环境学专业人员是很必要的。

教育工程

让我们再把系统工程的范围扩大一些，讲一讲教育的问题。

教育是实现四个现代化新的长征中的一件大事。但是教育的学问作为一门科学来看待还是近来的事，因此我们还面临着组织建立起严密的、精确的教育科学技术的任务。

---

① 杨国忠：《新兴的生物医学工程学》，《光明日报》，1978年7月22日。

② 这里讲的实际是用现代化科学技术去解决生理学和医学的问题，还是生理学和医学。国外称这一部分科学技术为生理学医学之外的又一门新的“生理学医学工程学”，似不够妥当

③ 王华东、于激：《对环境科学的初步认识》，《环境保护》，1978年第1期；陈传康：《环境问题与环境科学》，《环境科学》，1978年第3期；鲍强：《环境科学展望》，《光明日报》，1978年11月17日。

教育还有技术吗？有。有同志已经提出创立教育工程这门教育科学技术，这是很好的建议[①]。但我认为教育工程不是泛泛地讲什么“培养人才的工程”。我们应该实事求是地把教育工程看做是一门技术，一门组织管理一所学校、一座高等院校、一个国家的教育体系（包括幼儿园、小学、中学、大学、中技校、业余学校、各种干部学校等）的技术。教育工程也是一门系统工程。以一座理工科高等院校论，全校可能有一万多人，有十几个系，每个系又有若干专业；不但要教学生、教研究生，而且要开展大量科学研究工作，并通过研究工作来不断培养新的教师和提高现有教师的水平；有办公室与住房；有教室和教学设备，包括电化教学设备；有实验室；有维修车间、有工厂；有生活设施，食堂、商店，以及银行、邮局、电话站等等。这一切难道不是一个庞大的系统吗？而且这样一个系统还在不断地变化；科学技术在前进，教学和科研也要跟着变，系的组织也不断调整，实验室要改建。这样一座高等院校同一个工业企业不是很相象吗？建立、不断充实和办好这样一所学校，这同经营一个工业企业不相上下。在国外，知名的大学的组织管理都要用有组织能力、有管理经验的人来办，所使用的一套方法也同大企业一样。当然，幼儿园、小学、中学等学校规模要小得多，但数量多，由他们所组成的体系却也是一个庞大的系统。所以教育事业是规模宏大而内容又复杂，组织管理教育事业要用系统工程的办法，是一门技术。教育工程也要用运筹学和电子计算机。

教育工程的理论基础是什么？要实施教育就必须掌握教育的规律，而教育的规律从何而来？不能靠主观想象，要靠总结经验，也就是要把人类社会的教育事业作为社会活动的一个方面来研究，发现其中固有的规律。我想这就是教育学。所以教育学是教育工程的主要基础，前者是科学，后者是技术。教育工程当然还要依靠许多其他学科，如运筹学、经济学等。

教育学是一门社会科学，因为教育学的研究对象是社会活动的一个方面，就如经济学是研究社会经济活动规律一样。是社会科学就有阶级性。我们搞教育是要培养有社会主义觉悟的有文化的劳动者，包括工人、农民和宏大的无产阶级知识分子队伍。资产阶级搞教育是为了培养足够多的资产阶级知识分子队伍，地主阶级搞教育是为了培养封建知识分子。当然各个阶级的教育学中有一部分是共性的，那是反映人学习的客观规律的，即反映生理学和心理学的学习规律，这一部分我们的教育学也要吸取。但我们的教育学总不能把“大成至圣先师”的那一套全部搬过来。

我想无产阶级的教育理论虽然马克思、恩格斯、列宁和毛主席已有不少阐发，但我们仍然面临着一个学习、整理的任务，而且要在此基础上写出我们的教育学。

---

① 敢峰：《试论教育工程》，《光明日报》，1978年8月12日；《再论教育工程》，《光明日报》，1978年10月26日。

以前的书（例如凯洛夫著的《教育学》）是不能令人满意的。为此组建专门的研究机构就很有必要了。

科学学

我们已经讲过科学技术研究的组织管理是一门系统工程，称为科研系统工程。特别由于现代诸如核能、高能物理、航天技术、空间科学等“大科学”的兴起，这一点已是不必怀疑的了。但是要加速开展科研系统工程的工作，建立这门技术还有两个问题要搞清楚：一个问题就是科研系统工程和科学学的关系。在国外，科学学是搞得颇为热烈的，但是应用技术和科学理论不分，内容庞杂，不成其为一门严肃、严密而精确的科学。我认为应该首先把技术和科学理论区分开，也就是把那一部分属于科学技术研究的组织管理技术分出来，明确科学学是科研系统工程的一个主要基础，是科学，不属技术。讲组织管理科学技术的研究就不是科学学，而是研究系统工程，而这除了要运用科学学之外，还要引用经济科学以及其他有关科学技术。

第二个问题是：把技术分出去之后，科学学该是什么样一门科学了呢？我同意查汝强同志的看法，就是把科学技术的研究作为人类社会活动的一个方面来考察，研究和总结其运动变化的规律。既然是研究社会活动的一个方面，科学学是社会科学，不是自然科学。是社会科学就有阶级性，我们要看到国外在科学学的工作中有不少错误的观点。这我们不能学。我们要在马列主义、毛泽东思想指引下，从理论上概括科学史研究的成果，分析各国科学技术研究的现象，总结我国科学技术工作的实践经验。

因此，马克思主义的科学学不是现成的，而是要我们努力去创建的一门科学。我们面临的任务在其艰巨性方面，决不亚于马克思当年研究政治经济学。当然时代不同了，马克思几乎是孤军奋战，而我们则可以建立一个研究所，并发动全国有关力量，浩浩荡荡向科学学进军。我们一定能在不长的时间内，取得较大的成果。

这样大张旗鼓的搞，是不是太过分了呢？我认为不是。实现四个现代化，提高科学技术水平，开展科学技术工作是个关键。但这又必须大大提高我们组织管理科学技术研究工作的能力。我们大搞科研系统工程是对的，但科研系统工程的基础之一的科学学还未建立，这当然是非常紧急的情况，应该立即采取措施。

科学技术体系学

恩格斯有一段非常精辟的话，他说：“一个伟大的基本思想，即认为世界不

是一成不变的事物的集合体，而是过程的集合体，其中各个似乎稳定的事物以及它们在我们头脑中的思想映像即概念，都处在生成和灭亡的不断变化中，在这种变化中，前进的发展，不管一切表面的偶然性，也不管一切暂时的倒退，终究会给自己开辟出道路。”他接着又说：“事实上，直到上一世纪末，自然科学主要是搜集材料的科学，关于既成事物的科学。但是在本世纪，自然科学本质上是整理材料的科学，关于过程、关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大整体的联系的科学。”[①]恩格斯在这里讲出了一个非常重要的事实，即新的学科会不断产生，然后发展，而老的学科又会消亡。吴征铠同志讲：“所谓消亡，并不是说这些知识没有了，而是要上升到新的分类才有利于人才的培养，才符合客观发展的需要。”[②]这是很对的。我们切莫把学科看为一成不变的，但这也是原则同意容易，而具体实行又有困难。

在上面所引的恩格斯的话中，他还强调了自然科学的整个体系，认为这是科学进一步发展必然要出现的。我们在今天读这些论述，有三点要考虑：一是从恩格斯紧接着举出的关于动物植物过程的生理学，关于胚胎发育过程的胚胎学，关于地壳逐渐形成过程的地质学来看，一百年前的自然科学体系比起现在要松散得多，也有许多空缺和断开的地方，很不完整。二是他只讲了自然科学，没有包括社会科学。这是因为真正科学的社会科学还刚刚由马克思和恩格斯创立，还来不及纳入整个科学的体系。三是恩格斯在这里还没有涉及工程技术，因为当时工程技术才刚刚被认为是同自然科学有联系的，是以自然科学为理论基础的。由于这三点，我们当前的任务是如何把恩格斯提出的“伟大的整体的联系的科学”完整起来，它要包括自然科学、科学的社会科学和工程技术，也就是建立科学技术体系学，研究其组成部分的相互联系和关系，学科的产生、发展和消亡，体系的运动和变化。研究和发展科学技术体系学的目的就是用它来帮助组织管理科学技术工作，制订规划、计划。因此科学技术体系学也是科研系统工程的一个理论基础，就像科学学是科研系统工程的理论基础一样。

在建立科学技术体系学中，第一步考虑的问题是大体上的构成。前面已经讲了三个组成部分：自然科学、科学的社会科学和工程技术。前两部分的划分是大家所熟悉的，只不过我们在本文以前的章节提出了两门科学的社会科学的新学科，教育学和科学学。需要说明的是工程技术为什么独立分出来成为一个部分。这是因为工程技术的实践总至少带上一点经济上的因素，例如就连医学（在上文是作为一种工程技术看待的）也是如此。吃药治疗，一点不考虑花费，恐怕不行；至于土木建

① 《马克思恩格斯选集》，第四卷，第239～241页。

② 吴征铠：《对学科划分和专业设置的一点意见》，《光明日报》，1978年10月27日。

筑工程、电力工程、水利工程、航空工程、造船工程等等都得考虑经济因素和社会目的。我们在这些工程技术的高等院校专业课程中，有一门从前叫工业企业管理的课，或技术经济的课，这不就是证明吗？至于各门专业的系统工程，社会科学更是其重要的理论基础，与自然科学一样重要。更大范围的组织管理，如国家社会主义建设的全盘组织管理和规划计划，也就是有叫做“技术经济和管理现代化”而我们建议叫“社会工程”[①]的，在那里科学的社会科学尤其重要，所以科学的社会科学也是直接生产力。由此看来，工程技术不能纳入自然科学，也不能纳入科学的社会科学，只能在科学技术体系学中单独成为一个部分。

如果说只有三个组成部分，就又出现技术科学归到哪一部分的问题。什么是技术科学？技术科学是以自然科学的理论为基础，针对工程技术中带普遍性的问题，即普遍出现于几门工程技术专业中的问题，统一处理而形成的，如流体力学、固体力学、电子学、计算机科学、运筹学、控制论等等。二十年前我根据技术科学在性质和研究方法上与自然科学有所不同，曾把技术科学和自然科学、工程技术分开，作为三个部类[②]。现在看，把技术科学分出来还是对的，而且更有必要了，因为有些技术科学如运筹学、控制论还用来处理经济领域中的问题了，超出了自然科学的范围了。

所以科学技术的体系得有四个组成部分：自然科学、科学的社会科学、技术科学和工程技术，工程技术综合应用前三个组成部分的成果，直接改造客观世界。

我们在这里还要说明数学的特殊地位。数学不能归属于体系中的上述任何一个组成部分，但它又在每一个组成部分的每一门学科或技术都有用，都离不了它。说数学是“科学技术的皇后”是有理由的。其所以如此是因为科学技术是客观世界在人脑中的映像，而组织这个映像靠思维，数学则是被认识了的人思维规律系统化了的学问，它的重要性自不待言。所以科学技术的体系应该是四大部分加数学。以上仅仅是科学技术体系学结构的极粗糙的轮廓，我们还要进一步仔细地考察它的构造，现在有研究工作的活的学科，数目总有1000以上，把它们按四大部分和数学的分类，一一排上位置。再下一步是研究学科之间的相互关系，例如要搞高能物理，对其他物理学学科，对化学，对电子学、计算机科学技术，对电工学和电力工程，对机械工程，对化学工程等等有什么要求？我们要靠这张相互关系表来制订科学技术规划、计划。有了这一步的研究，还是科学技术体系学的“现象学”，还不到研究科学技术重大发展的“动力学”，要研究动力学还需要深入分析现象学。从而发现任务多的重点学科，那是要加强的；要找出有重要任务而现在无人搞的学问，那

① 其实这个提法近年来已在一些资本主义国家中出现，涵义不同而已。

② 钱学森：《论技术科学》，《科学通报》，1957年第4期。

是要建立的新学科；也要确定将要消亡的学科，以采取力量转移的措施。

这里我们提到科学技术每一门学科每一门技术的研究任务，但学科研究任务究竟是怎么来的？总不该随心臆想。任务的来源首先是国家社会主义建设的总规划、总计划。这往往首先对工程技术提出要求，例如国家农业现代化、工业现代化和国防现代化，对各门工程技术都会规定任务。然后各门工程技术对技术科学、对自然科学、对科学的社会科学提出任务，也会对数学提点任务。任务的再一个来源是学科本身发展的需要，如高能物理的研究任务现在就不会来自农业现代化、工业现代化或国防现代化，而是自然科学本身发展的需要。

当然，我们研究科学技术体系学还必须考察自从19世纪中叶以来，这个体系产生和发展的历史。历史会给我们启示。

马克思主义哲学

有了科学技术体系学，可以有很多用处。但综合工作还没有做到底，我们要问庞大的现代科学技术体系，包括自然科学、科学的社会科学、技术科学、工程技术四大部分和数学，最后提炼成一门什么样的理论呢？是人类实践最概括的总结，这就是马克思主义的哲学。因此，科学技术发展了，作为它的理论概括的哲学也必然随着要发展。作为马克思主义哲学家来讲，无非有两种情况，一种是自觉地、主动地跟上，另一种是不自觉地、被动地跟上。跟总是要跟上的，区别仅在于矛盾激化的程度。

历史上哲学的发展中，哲学家们以被动方式接受新发展的居于多数，所以每次科学技术的重大进展都对哲学引起强烈的冲击。哥白尼发现地球和行星绕太阳运行，对哲学不是引起了强烈的冲击吗？以后每一次科学技术重大发展不都爆发了一场唯物主义对唯心主义的论战吗？就是到了马克思主义哲学已经建立之后，不还是这样吗？电子的发现不是如此吗？记得相对论创立后的情景吧！电子的发现和相对论的创立没有被马克思主义哲学家抓住，用来发展哲学，反而被唯心主义哲学家歪曲为反马克思主义哲学的口实，这是令人遗憾的。直到现代，20世纪50年代以后，我们的哲学家还有些被动，例如控制论出现后，对哲学的冲击很大。这一浪刚刚过去，又来了电子计算机，出现了所谓“人工智能”，对哲学又一次冲击。人工智能或机器思维的问题最近陈步同志讲得很好①，但现在这一浪还没有过去，我们的同志还有反对说“电子计算机能代替人做一部分脑力劳动”的！

也有一些同志不大愿意说数学和物理学是基础自然科学中更为基本的学科，

① 陈步：《人工智能问题的哲学探讨》，《哲学研究》，1978年第11期。

理由是物质运动是有层次的，每一个层次的运动有其特殊性，微观与宏观，死的与活的，要有区别呀。我们完全同意物质运动是有层次的，微观与宏观，死的与活的要有区别，但有区别并不是说界限是铜墙铁壁，不可通过。例如：我们用统计力学的理论就可以从微观运动过渡到宏观运动，从微观运动的规律得出宏观的热力学定律，并且得出微观运动中不出现的概念，如温度、熵等，从而打通了从微观到宏观的道路。再如，现在分子生物学的研究也正在打通从物理和化学到生命现象的道路，从死的到活的。这些例子很值得我们深思。找到不同层次物质运动的联系，并没有否定各层次物质运动的特性，而是使我们对他们的特性认识得更加深刻了。

所以总结近一百年来的历史教训，我们认为马克思主义哲学是有其崇高的位置的，但是，哲学作为科学技术的最高概括，它是扎根于科学技术中的，是以人的社会实践为基础的；哲学不能反对、也不能否定科学技术的发展，只能因科学技术的发展而发展，不然岂不僵化了吗？哲学家们要看到今天自然科学、科学的社会科学正处于重大突破的前夕，正酝酿着一系列技术革命，所以要力求主动，不断吸取新科学新技术的成就作为发展马克思主义哲学的素材。

在这里我想提出现代物理学与哲学的密切关系的问题：前面举的好几个事例已能说明些问题，最近理论物理规范场论的研究更应引起马克思主义哲学家的注意，这些理论实际是在对宇宙的性质作深入的分析。例如根据这些理论研究，相对论的等效性原则（principle of equivalence）是和量子引力场论联在一起的；又如强子的量子色动力学（quantum chrorr–dynamics），发现所谓零能量真空是有丰富内容的；再如超对称场理论（supersyranetry）对超引力场（supergravity）的研究导出了原来相对论中不能确定的宇宙论常数（cosmological constant）等。因此这方面的科学家应该组织到哲学的研究中来。其实，在本世纪杰出的理论物理学家如A·爱因斯坦和W·泡利，尽管有他们的局限性，都对自然辩证法的发展做过贡献。

事物的另一面是：马克思主义哲学作为科学技术的最高理论，就必须用来指导科学技术的进一步发展。这一点是革命导师们所多次讲过的。所以，自然科学、数学、以及技术科学、工程技术都必须以自然辩证法为指导。这一条原则我们一定要遵守，这大概无人反对。

但是目前也有一个口号，叫做“科学无禁区，有禁区就不是科学，就没科学。”在科学技术历史上，由于不尊重马克思主义哲学而犯错误的事是很多的。例如百余年来微观世界的研究中，自然科学家多次讲已经达到物质结构的极限，在当时看起来也好像是极限，不能再分了；但他们不知道这是违背自然辩证法的，以至一次又一次地被迫承认错误！而列宁却在70年前就根据马克思主义哲学断言电子也是不可穷尽的，现在物理研究也走到研究电子结构的大门口了。这一反一正的经验

不是很能说明问题吗？但就在目前也有同志感到用马克思主义哲学指导科学研究很别扭，例如要搞“大爆炸宇宙学”，说宇宙有起点，而且具体推算出来了，就是从现在倒数到大约100亿年，时间有了起点！并且说这是与“所有”已经观测到的资料不相违背的。但这样的结果却不是违反宇宙无限性的哲学原则吗？实际上推论的方法也无视宇宙，在星系以上还有更高的层次，因而也违反物质结构往小往大都有无穷层次的哲学原则。为什么对马克思主义哲学这样轻视呢？更何况实际也已经在天文观测中出现了与“大爆炸宇宙学”相矛盾的苗头，我们应该谨慎从事呵。

所以我想对上面讲的口号加一个解释：科学是无禁区的，但首先要看那个“禁区”的区存在不存在，“有限宇宙”这个区是不存在的，“五层次宇宙”这个区也是不存在的，就不要去找麻烦攻打这些海市蜃楼了。这也使我们联想起永动机的问题，以前总有一些同志说他发明了永动机，现在好了，出了那个“四人帮”在辽宁的死党做反面教员，没有人再说永动机了。但将来时间长了，怎么样？会不会又有人要破这个不存在的“禁区”呢？这就要看我们把马克思主义哲学的宣传教育工作做得如何了。

选自《哲学研究》，1979年第1期，第20～27页。

关于建立和发展马克思主义的科学学的问题

外国人都说科学学是英国科学家J. D. 贝尔纳在20世纪30年代创始的，但他们也不见得都按贝尔纳的原来意图搞，而把科学学的研究范围说得似乎很宽广，各种说法又不一致。就连科学学的名称都不一样，英国人称science of sciences，美国人称sociology of science；我看他们不如用scientiology更简练些。其实我们现在也不必非采用他们的说法不可，因为我们走的是社会主义道路，路子不一样嘛。那什么是科学学？我认为：科学学是把科学技术的研究作为人类社会活动来研究的，研究科学技术活动的规律，它与整个社会发展的关系。什么是马克思主义的科学学？所谓马克思主义的，是指用马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点和方法来研究科学学。这是重要的，因为科学学是一门社会科学，必须如此。

这些观点，我在另外一篇文章[①]已经说过。在读到于光远、龚育之和王兴成同志的近作[②]之后，受到教益，但我又感到意犹未尽，所以再写这篇文字，参加讨论，并向同志们请教。

一

既然科学学是研究科学技术活动的一门社会科学，它就是一门学科，它不是一门直接改造客观世界的工程技术。有没有一门这方面的工程技术呢？有的，而且是一门在现代社会中有非常重要意义的工程技术，即科技研究的组织管理技术，我把它叫做科研系统工程，是系统工程这一类新的工程技术之一。要搞好科研系统工程当然要研究科学学，不然就没有理论基础；但科研系统工程的实践，即科学技术的研究、研制工作的组织管理，除科学学之外，还要许多其他学问和技术，如运筹学、经济学、计算机技术等[③]”。最根本的是要区别科学理论和工程技术，前者有单一的研究领域，而后者总是综合多种学科的成果来具体进行一项建设和组织管理工作。

---

① 钱学森：《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》，《哲学研究》，1979年第1期，第20～27页。

② 于光远：《谈谈科学学》，龚育之：《马克思主义与科学学》，王兴成：《试谈科学学的研究对象和内容》，《自然辩证法研究会通信》，1979年7月25日。

③ 钱学森、许国志、王寿云：《组织管理的技术——系统工程》，《文汇报》，1978年9月27日，第1、第4版。

现在，我们的同志急于要提高我国科学技术研究、研制工作的组织管理水平，这是可以理解的；但有些同志就因此把科学学同科研系统工程混淆起来，要科学学工作者去直接解决我国当前的科技组织管理问题，那也许会欲速则不达。当然我们研究科学学主要是为了提高我们的科技组织管理水平，加速实现我国科学技术现代化。这个目的是明确的。我讲这个话是想劝我们科技组织管理工作者要对科学学有点耐心，不要杀鸡取卵。

科学学既然有别于系统工程，当然也不同于讲系统理论的系统科学，科学学也就与另一类与系统科学和系统工程密切联系着的所谓“软科学”不相干，这也是一个要明确的问题。

还有一个问题是：科学学包括不包括社会科学的研究活动？我认为科学学的研究应该包括这一部分社会活动。科学学不能只是自然科学的科学学，科学学也是社会科学的科学学，而且也是技术科学和工程技术以及哲学的科学学。

科学学是自然辩证法吗？或者说科学学也研究科学研究中的方法论吗？我看还是不缠在一起为好。如果说目前我国自然辩证法研究工作还未打开局面，因此要借科学学来走出一条路子，这不见得妥当；科学学是研究科学技术研究这一社会活动，不是研究科学技术本身，所以也不去搞科学的方法论；科学学是可以和自然辩证法分清研究领域的。自然辩证法自有其广阔的活动范围，比如用自然科学的新发现来丰富并深化马克思主义哲学。而且一旦我们说科学学同自然辩证法有交叉，那么科学学还包括社会科学的研究活动，岂不科学学又和历史唯物主义或社会辩证法也交叉了吗？这样会打乱本来可以划分清楚的各学科之间的界限。当然，这是说学科；一个人可以同时搞几门科学的研究，自然辩证法的工作者也可以同时研究科学学。

二

以上是讲科学学与其他学科的划分。那么科学学应该是什么呢？我想科学学的一个重要内容是科学技术体系学，也就是科学技术的分门别类，各门学科之间的相互联系，学科体系的发展，演变，新学科的成长和老学科的消亡或重新划分。这当然与研究整个科学技术的活动有关，所以是科学学的一个重要内容。科学技术的各个学科组合成为一个整体的、联系的体系，这是恩格斯在大约100年前指出的。我们现在的科学技术体系有六个组成部分（如图1），概括一切的是哲学，哲学通过自然辩证法和历史唯物主义（社会辩证法）这两个桥梁和自然科学、数学科学和社会科学相连接。自然科学研究自然界，社会科学研究人类社会，数学科学则是自然科学和社会科学都要用的学问。在这三大类学科之下，介乎用来改造客观世界的工

程技术之间的是技术科学，那是针对工程技术中带普遍性的问题，即普遍出现于几门工程技术专业中的问题，统一处理而形成的，如流体力学、固体力学、电子学、计算机科学、运筹学、控制论等等。在工程技术问题中新起的一大类是各门系统工程。

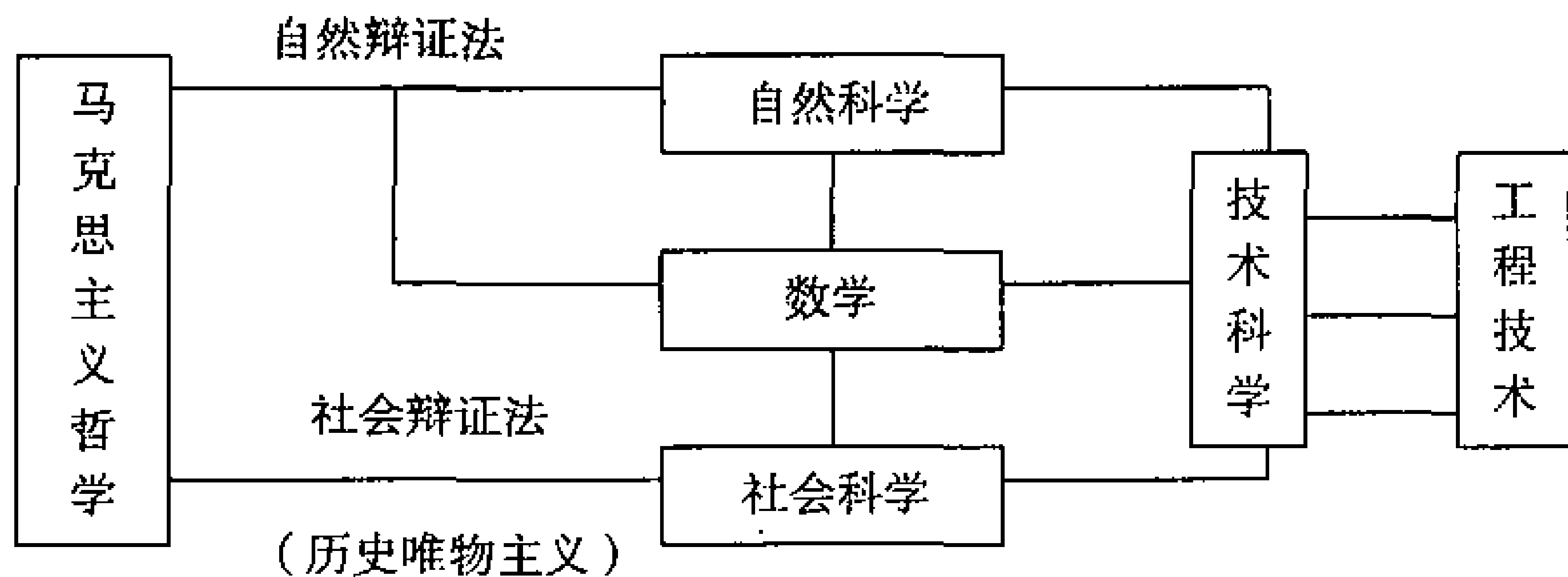


图1

科学技术是不断发展的，图1所示的体系大致代表了科学技术目前的状况，以前不是如此，将来也不会老是这样。大约在本世纪初，科学技术的体系中就没有技术科学这一大类，因为它尚在建立之中。那时数学也只是作为自然科学的一个部门，没有划出来，因为那时即便是科学的社会科学也还没有用数学方法，数学似乎为自然科学所独有。所以在本世纪初，科学技术的体系大致如图2 所示，是四

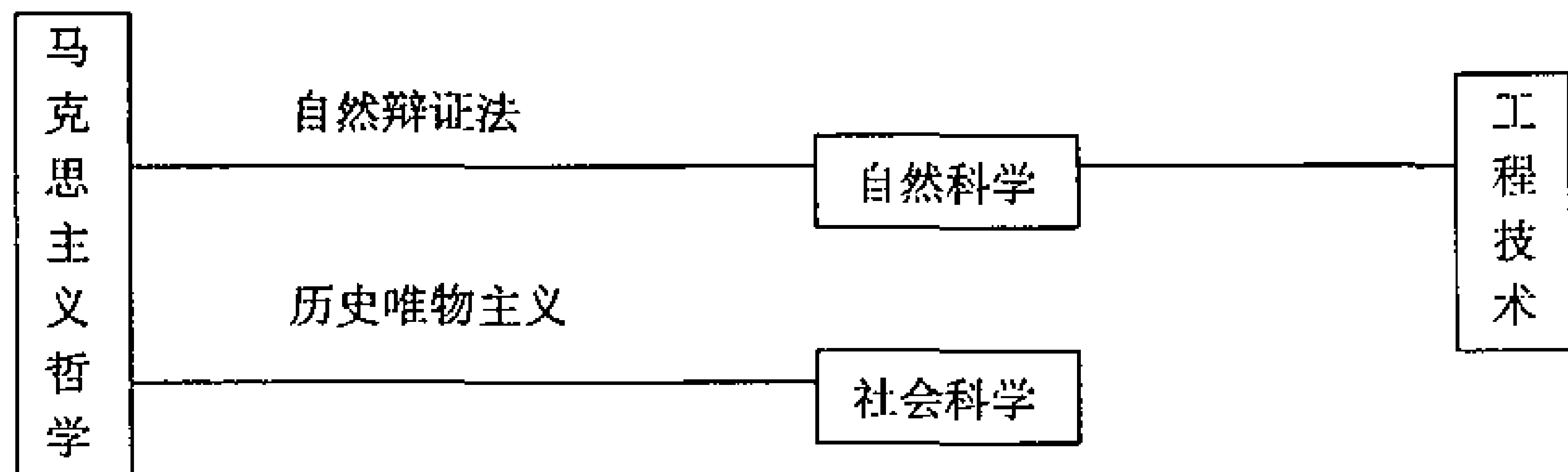


图2

大部类所组成。如果我们再往前追，大约130年前呢？那时工程技术也还没有成为学问，改造客观世界的能工巧匠只被认为是有才能的人，而他们的才能还没有总结成为学问，特别是能在高等院校里讲授的学问，所以列不进科学技术的体系中。130年前的情况，大约如图3所示，是三大部类的科学技术体系。再往前呢？比如说两百年前呢？那时没有马克思主义的哲学，也没有科学的社会科学，科学技术就只有一个部类，即自然科学，如图4。如果还要往前追溯，那就没有科学的体系了；我们一般讲科学自文艺复兴起，16世纪以前只有科学的部分成果，形不成体系。从1780年情况的图4到1850年情况的图3，再到1890年情况的图2，最后到现在的图1，这是科学技术体系的发展、演变，所以科学技术体系学不但研究一个时期的情况，即“现象学”，还要研究不同时期的变化，即“动力学”，科学技术体系学也包括科学技术近代史。所以科学学也包括科学技术近代史。

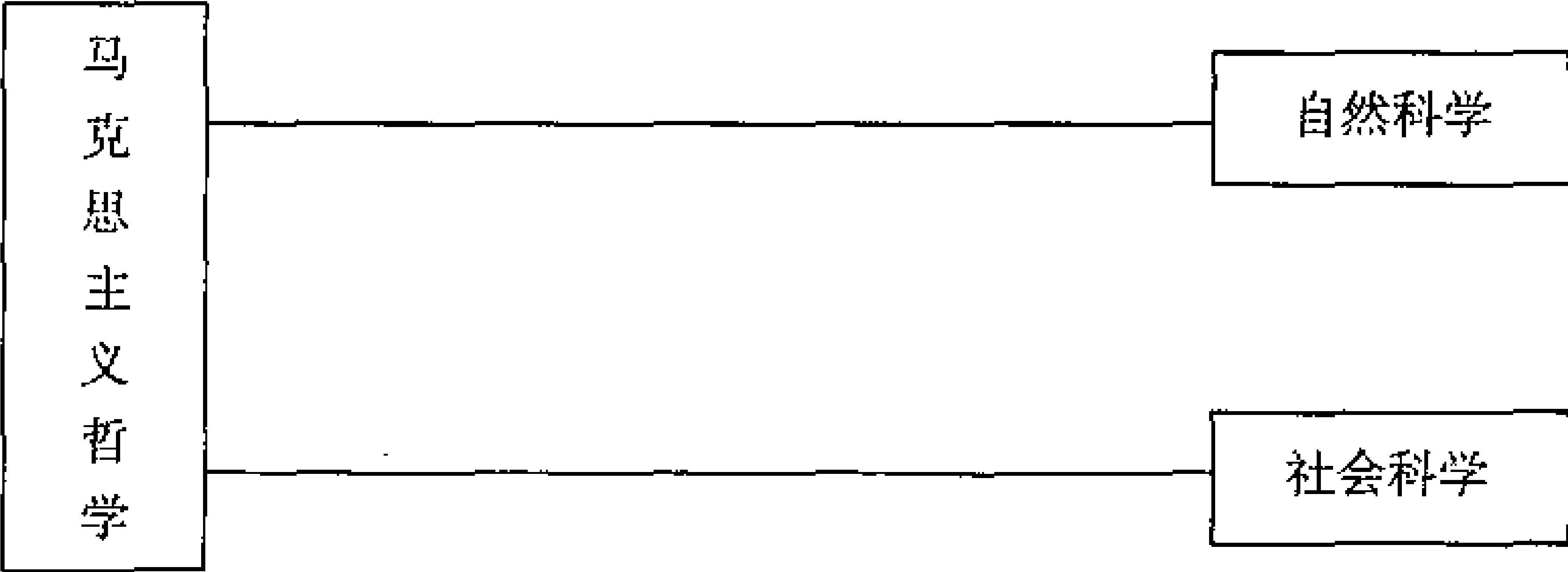


图3



图4

既然包括历史，那将来呢？科学技术体系不会发展到现在就停下来，将来的科学技术体系也不会就像图1那样固定下来。例如，现在已经出现了苗头的系统科学和思维科学，将来很可能上升到科学技术体系中两个新的大部类学科。

三

赵红洲同志在《红旗》杂志的文章[①]是一篇讲社会的科学能力的文章。他讲了科学家队伍的集团研究能力，实验技术装备的质量，图书、情报系统的效率，科学劳动结构的最佳程度和全民族的科学教育水平等五个方面，我想这些内容都属于一门可以称为科学能力学的一个科学学分支，它是专门研究科学技术研究力量的形成，研究科学技术研究的内在规律。因为是内在规律，科学技术组织内部的关系，所以我认为它是相对独立于社会制度的。这个情况类似于生产力经济学，生产力经济学[②]研究生产中的两大因素人和生产工具、以及他们的组织管理，它有别于政治经济学，是不直接受社会制度影响的。

所以对科学学的这一个部分，科学能力学，我们可以吸取资本主义国家几百年来实践的经验，并由实践经验总结出来的一套规律，为我所用。当然，有些同我国社会主义制度“接口”的问题，我们要谨慎，要处理好。

科学技术研究的内在规律中有一个非常重要的问题，科学革命的问题。这是美国科学家T. S. 库恩[③]首先阐明的一个概念：说明科学理论的发展也正和一切事物一样是一个从量变到质变的过程。一门科学一旦有了系统的理论就进入正常发展的阶段，大量的实验和理论分析，不断充实原来的理论，理论又见诸实际应用，实

① 赵红洲：《试论社会的科学能力》，《红旗》，1979年第4期，第64—72页。

② 于光远：《关于建立和发展马克思主义“生产力经济学”的建议》（草稿）。

③ T. S. Kuhn, The Structure of Scientific Revolutions, University of Chicago Press, （1970）。

践结果又提出新的研究课题，要求科学家去解决。这都大体上是量的累积，原来科学理论框架显得更加牢固了。但就在这一阶段的量变中，也隐藏着与原来理论规范相矛盾的东西，随着研究的进展，矛盾逐渐显露，也会有些不损害原来理论的小修补。可是矛盾终于无法克服，引起激化，大家都有了科学危机感，这时就会出现一个新理论来取代原来的理论，形成一次质变，一次科学理论的飞跃。当然新理论总是吸取了原来理论的成果，包含了原来的理论，是人们认识客观世界漫长过程的一个新的驿站。这种质变就是科学革命；例如，从天体日心运动学说到牛顿力学，氧的发现代替了燃素论，相对论又代替了牛顿力学，量子力学的创立等等。我们早就认识到这些事例都是科学史上的伟大变革，是推动科学技术发展的一股强大动力，所以科学革命是科学技术研究中一个极为重要的内在规律，而研究科学革命是科学能力学的一项重要任务。

组织科学技术队伍中的一个问题是充分调动每一个成员的劳动积极性，而这在我们社会主义制度中就必须做到按劳分配。要按劳动的贡献来分配就又必须对科学技术研究工作的价值作出准确的评价。决不能“平分”、“吃大锅饭”。这是一个对脑力劳动成果定价值的问题，在以前好像还没有认真研究过，现有的只是各种奖金，国家的科学奖金，国家的发明奖，各部门的成果奖、技术革新奖等。有一点是可以肯定的，即科学技术研究成果的价值，也就是对提高人民物质生活和文化生活的贡献，常常需要一段时间才能明确，因此按劳分配所必须的成果评价不大可能在脑力劳动一个阶段结束后立即作出，有时甚至要相当长的一段时间才能准确评价。从这一点来说，奖金是科学技术工作中按劳分配的好办法。但现在奖金值往往是事先分级定值，而定级颁发又缺一套科学的方法，所以这个方法还很不完善。改进科学技术奖金制度，以致再进一步研究在科技工作中按劳分配的问题也是科学能力学的一项重要任务。

四

科学学的又一个非常重要的内容是科学技术与生产力，科学技术与上层建筑的相互作用，这当然是与社会制度密切相关的，可以称之为政治科学学。科学学的这一个分支只有用马克思列宁主义的理论为指导才能取得研究成果，这是不能引进资本主义国家现成的研究结果的。例如现在国外有人[①]单纯地根据统计资料得出结论说：科学技术的兴盛时期从意大利转到英国，又从英国转到法国，从法国转到德

① 汤浅光朝：《科学活动中心的转移》，赵红洲译，见《科学与哲学（研究资料）》，1979年第2期，第53～73页。

国，现在在美国，但一国科学技术兴盛期只有60到110年，因此21世纪又该另一个国家了。这种完全不考虑政治经济因素的统计游戏，能有什么深刻的意义呢？

我们遇到的一个重要问题是科学技术与生产力的关系。一般讲科学技术是生产力，但是不是直接生产力呢？直接的生产力是人和生产工具[①]，所以科学技术要成为生产力还要通过人或生产工具，以及用科学技术来更好地把人和生产工具组织到生产过程中去。也就是要用科学技术武装人，要用科学技术设计、制造更好的生产工具，要用科学技术提高生产组织管理水平。这是要能动地推进的，不是自然而然的，科学技术不会自己变成生产力。这是我国目前的一个大问题，大量科研成果用不到实际生产中去[②]。这就需要改革经济管理制度。

与这个问题密切相关的问题是科学技术研究的经费到底应该占工农业生产总值百分之几？我国现在的比例是不到1%。当然，如果成果弃而不用，也许比例还可以减。如果科研成果能迅速用来革新生产，发展生产力，那这个比例还要大大增加。在我国现在实际情况，究竟用什么比例为宜，应该研究。

政治科学学的一个重要理论问题是搞清技术革命这个概念，技术革命是毛主席在1969年的一个批示上提出的，毛主席说要区别技术革新和技术革命，后者是指技术上的重大变革，如蒸汽机、电力，现在的核能。蒸汽机的出现推动了产业革命，电力的出现进一步大大发展了生产力，把资本主义推向垄断资本主义。两次历史上的技术革命都极大地提高了社会生产力，使资本主义的生产关系和上层建筑更加不适应于生产力的发展。现在的核能技术革命也必然如此，现在正在进行的一场电子计算机技术革命也只能是如此，哪里会有什么矛盾的缓和？哪里会有什么社会主义革命过时的道理？但是帝国主义的帮凶们却高唱什么科学技术革命，什么第二次产业革命，第三次产业革命，好像第一次产业革命出了科学的社会主义，而现在第二次了，甚至第三次了，要出什么别的了，妄想骗人说马克思主义不灵了。那个社会帝国主义也鼓吹科学技术革命，为其霸权主义找口实！我们一定要用技术革命的理论来戳穿这些家伙的鬼把戏，指明革命的光辉前程。这是政治科学学的一项重要任务。

我们当然不能只看到科学技术对生产力发展和上层建筑的推动作用，也要看到上层建筑对科学技术的反作用。这是政治科学学的又一个重要研究课题。例如在资本主义国家科学技术研究活动的社会化与资本主义生产资料私有制和由此而产生的社会制度的根本矛盾，时时刻刻阻碍着科学技术的发展。在他们那里科学技术越发展，就越社会化，就越同私有制发生激烈的冲突，这是他们不可挽救的死症。

这就是说对科学技术来说，社会主义制度也是无比优越的。当然在我国现在也

① 任涛、祝碧训：《从推广科技成果看改革经济管理体制的必要》，《人民日报》，1979年8月9日，第3版。

不是没有问题，钱三强同志就指出过我国科学技术工作中存在的许多问题。[①]政治科学学要研究这方面的问题。

在国外，科学技术工作总是被认为只有专业人员才能干，广大人民群众是被排除在科技大门之外的。但对我们来说科学技术的源泉是人的社会实践。因此亿万人民的实践经验决不能忽视，即便是点滴的看法，一个小小的建议，都应该得到专业科技人员的认真分析，其中有可能孕育着客观世界中还未被认识的事物。

科学技术史上有那么多偶然的发现该给我们启发了吧。这种正确对待人民群众实践的态度是我们所特有的，是社会主义制度下科学技术活动应有的一个特点。

社会上层建筑对科学技术活动的又一重要影响是军事科学技术研究在整体科学技术研究中所占的比重。据一个统计资料，现在世界各国每年用于科学技术研究和研制的费用大致是1500亿美元，军事方面的占24%，航天技术占8%；其实这两者都是军事性质的，一共是32%，差不多是全部费用的1/3。基础科学研究才15%，不到军事性质的一半。医疗卫生才7%，农业研究才3%。以上还是世界的平均，在苏联和美国，军事科研的比重还会更大。这是我们研究科学学必须注意的一个方面，也是政治科学学的一大课题。

五

上面讲了马克思主义的科学学三个方面的研究或三个分支学科：科学技术体系学，科学能力学和政治科学学。我们是把科学学研究的科学技术社会活动从近代科学算起的，因为只从意大利文艺复兴以后，科学技术才具有我们现在所说的概念。当然，近代科学技术以致现代科学技术都吸取了古代科学技术的成果，所以研究古代科学技术史也是必要的，但那也许不属于我们所谈的科学学的范围了。

为了预见科学技术活动的进一步发展，我们在前面讲科学技术体系时谈到要研究科学技术体系的未来。但整个科学技术活动在未来社会中的情况，又是一个更全面的问题，它涉及到人类社会的未来，是另一门社会科学，未来学的研究范围。

原载《科研管理》1980年创刊号。

选自钱学森等《论系统工程》（新世纪版），上海交通大学出版社，2007年1月第1版。

---

① 钱三强：《赶什么？怎么赶？——国外科技工作随感》，《北京科技报》，1979年4月20日，4月27日，5月18日，7月6日，7月27日，8月10日。

自然辩证法、思维科学和人的潜力

现在我国致力于研究自然辩证法的人很多，有专门的学术组织如自然辩证法研究会和分会，出刊物、开学术讨论会，气氛热烈。这是很可喜的，也是拨乱反正后的新气象。

人多议论多，大家各抒己见而一时统一不起来，也是常情；不久前《光明日报》对去年10月份在成都召开的全国自然辩证法理论讨论会的报道[①]，就说明这个现象。看了报道，也引起我的一些想法，本文就讲讲这些不成熟的意见，作为参加讨论，我想的也比较宽，不限于自然辩证法本身。当然这些话一定会有不妥或谬误之处，恳请大家批评指正。

一

什么叫自然辩证法？现在有些同志想把自然辩证法的研究范围扩大到远远超出恩格斯的原意，说这才是自然辩证法的现代化。例如他们要引入控制论、引入系统工程、引入科学学。其实控制论是技术科学[②]，系统工程是工程技术[③]，科学学是社会科学，怎么能都当作是自然辩证法呢？自然辩证法总不能无所不包地把现代科学技术的各个分支、新学科都吸收进去，如果那样，还有什么学科的合理划分和科学技术的体系结构了呢。

那么什么是恩格斯的原意？我想最好还是读一下1873年5月30日恩格斯致马克思的信[④]和《自然辩证法》（手稿）。在这封信里和《自然辩证法》正文里，恩格斯讲的内容只是辩证唯物主义的自然观，也就是用辩证唯物主义来观察自然界。再具体化就是物质和运动之不可分离，即物质是运动着的物质，而运动是物质的运动，再进而分析物质运动的不同层次以及层次之间的过渡，由此讲到学科的划分。概括起来就是这些内容。这就是自然辩证法的研究范围。至于《自然辩证法》中还有《札记和片断》，其中讲到科学史，具体的学科，我认为应该理解为恩格斯写作时的准备工作，不能就认为是正文，不是一定要纳入《自然辩证法》的。因而科学

① 《自然辩证法研究中一些有争论的问题》，《光明日报》1979年12月20日。

② 钱学森、宋健：《工程控制论》修订版《前言》，科学出版社1980年版。

③ 钱学森、许国志、王寿云：《组织管理的技术——系统工程》，《文汇报》1978年9月27日。

④ 《马克思恩格斯选集》第4卷，第407-409页。

技术史，科学技术体系学也不一定非作为自然辩证法来研究不可。这里我认为我们要实事求是，不要在马克思主义导师们遗留给我们珍贵的手稿里加上他们本来没有的含义。

再有一点应该引起我们注意的，是自然辩证法作为一门学问在整个现代科学技术体系中的位置。在恩格斯的时代为了建立马克思主义的哲学，必须吸取人类从全部实践，包括生产斗争、阶级斗争和科学实验的经验，精炼概括；这当然要涉及到自然界的辩证关系和社会的辩证关系。这就造成一种习惯，好象马克思主义哲学包括三个组成部分：辩证唯物主义，历史唯物主义和自然辩证法。但到了今天，马克思主义哲学已经确立了，我们应该把它的总论明确为辩证唯物主义；辩证唯物主义要指导自然科学和社会科学的研究，也要从自然科学和社会科学研究的新成果中吸取营养，不断丰富和深化马克思主义哲学即辩证唯物主义。当然这个关系也同样存在于马克思主义哲学和一切其他科学技术（这里科学技术包括社会科学）学问之间。这种交流要通过两道桥梁，一道桥梁是自然辩证法，是对自然科学的；一道桥梁是历史唯物主义（社会辩证法），是对社会科学的。不喜欢叫桥梁，称分论也可以；总之，辩证唯物主义与历史唯物主义和自然辩证法不应平列，后两者要在辩证唯物主义下面一点，而且它们又各有自己联系的一类科学技术。

前面讲的是今天应该做到的事，当然这是理想，实际并非完全如此。一方面马克思、恩格斯、列宁以后的一些自称为马克思主义的哲学家，并没有把科学技术的新成果用来丰富和深化马克思主义哲学，往往反而错误地去批判这些新理论，说是反马克思主义的。例如摩尔根遗传学和基因的发现，化学键理论的共振论，控制论，人工智能，电子计算机代替人的一部分脑力劳动等等都曾受到过某些批判。这些批判都被事实证明是错误的，必须全部收回。也许就因为有这些缺点，又引起另一方面的反应：有那么一些科学技术工作者不承认马克思主义哲学的基本原理对科学技术研究的指导意义，指责“伟大的科学家，渺小的哲学家”为一顶帽子，说去研究“彭加勒，马赫之后的科学家，在传统、精神、哲学等方面究竟有没有值得去虚心地学习的东西”是一块禁地，总认为我们这里不自由，从而对现在的资本主义国家的所谓学术空气却很响往。这样的争论有什么好处！

出现这两方面的情况是令人遗憾的，因为我们知道自从恩格斯写《自然辩证法》（手稿）之后，自然科学已经出现了翻天覆地的发展。相对论和量子力学早已确立而代替了经典力学；物质运动的层次，从微观世界里讲就增添了原子核、基本粒子、层子这三个层次，从宏观世界里讲也扩展到了星系、星系集和星系集的集团等新的层次。自然辩证法工作者和自然科学工作者本应携起手来，共同开发这块广阔的新园地，正好加深我们对物质运动层次无穷的基本认识。大家第一应该互相谅

解、第二应该互相学习。自然辩证法工作者要认真学习科学技术，起码学到高级科普期刊《科学》的水平。而自然科学工作者要认真学习哲学，当然也要看点唯心主义哲学的书，有比较才知真和假。有了这个基础，两方面的同志就可以举行一个个领域的专题讨论会，如基本粒子物理、分子生物学、天文学等等。我很希望自然辩证法研究会能促进这件事。除了办讨论会之外，也办一些哲学进修班和现代科学技术进修班。为了同一理由，尽管中国社会科学院哲学研究所已经有自然辩证法研究室，在中国科学院建一个研究自然辩证法的单位也是适宜的。也不是要所有的自然辩证法研究者都集中到上述工作中来，还有许多事情可以做。例如在医科高等院校工作的自然辩证法同志可以同医务人员一起，研究中医西医的结合以促进医学发展的问题。又如爱好史学研究的，可以转而专门研究科学技术史。有的也许已经开展了科学学的研究，那也可以继续搞下去。有的有志于科学技术研究工作的组织管理，那就可以搞科研系统工程。

二

我们说自然辩证法是联系自然科学和工程技术的，历史唯物主义（社会辩证法）是联系社会科学和社会现象的。但这样讲也有一个问题：现代科学技术已经出现一些介乎两者之间的学问，即一方面是改造自然世界，而另一方面又是改造人类社会的问题。例如工程技术就总有经济方面的因素要考虑，而在新出现的一大类系统工程中，如科研系统工程、农业系统工程、企业系统工程，工程系统工程等，社会科学方面的因素就更为重要了。再如人口学，未来学，科学学那更是在自然科学和社会科学之间，两方面兼有的学科。

其实人类掌握了客观世界的规律的目的不仅在于适应客观世界，更重要的是要利用这些规律去改造客观世界，而改造的方向就必然联系到社会，最终是改造我们的社会。前面列举的工程技术都是如此。我们可以举环境科学为例，它要涉及到生态系统，这是自然界，也要涉及到工、农业生产的结构，这就是社会了。我们也要注意把综合自然和社会两方面的科学成就和实践经验及时总结提高，概括到马克思主义哲学中去。

综上所述，我感到当前马克思主义哲学的研究应该把大约一百年来现代科学技术，包括自然科学、数学科学，社会科学，技术科学和工程技术的极其丰富的成果加以提炼，用来发展马克思主义哲学。与此相比，去推敲过去哲学家们的著述，不能不说是次要的。向前进总比往后看更重要一些，也该多花些气力。

三

马克思主义哲学在辩证唯物主义这个总论下，除上面已经讲到的自然辩证法和历史唯物主义（社会辩证法）之外，还有另外两个组成部分：辩证唯物主义的认识论和辩证逻辑。这方面意见也不一致，也有一些自然辩证法工作者认为认识论和方法论都可以归入自然辩证法，因为研究自然科学离不了它们。但我看还是不归入自然辩证法为好，因为认识论和方法论并非自然科学所独有，其他学科也离不开它们；而且在现代科学技术中所用的研究方法也逐渐统一了，不能区分自然科学的方法论和社会科学的方法论。更进一步，我认为问题还不在于马克思主义哲学的这种部门划分，而在于现代科学技术的实践，正预示着更重大的变革：思维科学的出现。

引出这项变革的是电子计算机。电子计算机是毛泽东同志指出的由重大技术变革形成的技术革命[①]，它和历史上的蒸汽机、电力和现在的核能并列的技术革命。电子计算机怎么会引起思维科学这个问题呢？这是电子计算机作为技术革命的一个重要问题。

先要从现代数理逻辑的一个结论说起。这个结论是：所有用数理逻辑可以解答的问题，电子计算机都能解答。也可以换用通俗一点的话讲：凡是一位老师能讲清道理的事，老师能通过讲解教会学生去做，那老师也能教会电子计算机去做。去年《北京日报》报道[②]，北京地区的科技工作者把著名中医肝病专家关幼波教授治疗肝病的整套理论、经验都“传授”给一台电子计算机了。计算机能根据肝病的八个主型，三十六个亚型，以及具体病人情况来调整处方，大概可以开出两亿多个不同处方，而且每次都开得正确，得到关教授的肯定。这不就说明用数理逻辑可以解答的问题电子计算机也能解答吗？

当然这就要我们去研究如何用数理逻辑去解答问题，也就是第一，能不能得到答案；第二，用什么逻辑演算方法，如何一步一步算。研究这一门的学问，叫算法或算法论。当然，即便算法论说某一些问题能算，有算法，也不见得现在就有电子计算机能解答这个问题，困难在于算法太笨，用现有的最快最大的电子计算机算一万年也算不到结果。一个有趣的例子就是电子计算机下国际象棋：在美国目前最好的电子计算机棋手叫Belle，是贝尔电话实验室的两位科学家K. Thompson和J. Condon搞的，Belle在走棋子时能每秒检验15 000棋子位置，但在正式棋赛所要求的两小时走四十步的速度下，胜不过人的象棋大师！Belle的评定是1,900分（E级从0分到1 199分，D级从1 200分到1 399分，C级从1 400分到1 599分，B级从1 600分到

① 钱学森：《现代科学技术》，《人民日报》1977年12月9日。

② 《北京日报》1979年3月27、30日。

1 799分，A级从1 800分到1 999分；能手从2 000分到2 199分，大师从2 200分起），而当前的世界冠军Anatoly Karpov的评分是2 705分。对棋的残局Belle的能力尤低，胜不过一般进入棋赛选手的一半，虽然在开局时能胜过95%的选手。所以人到底比电子计算机强！据说电子计算机计算程序的弱点在于不能从全盘敌我双方棋子的布局，通盘估算形势；而这在残局子少时，人的这方面能力就十分突出[①]。人不是靠算，而是靠认出形势。

人的这种长处，也许就是我们说的智慧。这一对比，对电子计算机的专家，特别是软件工程师和软件科学家来说是一个很大的压力，促使他们问：能不能使计算机变得聪明点，不再那么笨？这就是所谓人工智能的研究。它是五十年代开始的，经过二十年的工作，我们现在已经知道要解决这个问题需要掌握的几个方面：第一是把问题的有关因素明确下来，因素之间的关系明确下来，也就是把问题在问题空间摊开，叫做问题的表达（Representation）；第二是开始找问题的解（Search），是从不知到知，因而是盲目的，所以往往结果是不成功的，不合格的；第三是从失败中认识到问题空间的某些特征，即图象识别（Pattern recognitiom），找解可以避开不大会成功的途径；第四是学习（Learning），即总结以前的经验；第五是程序（Planning），也就是把开始的盲目性变为有目的地去找解，这就大大提高求解的效率,最后也许计算机能达到一定程度的综观全局的归纳（Induction）[②]。其实列出这几个方面只不过是一个工作大纲，具体工作还得一点一点做起。也还有许多细节以及重要环节没有列出，如从第二到第三、到第四都有一个记忆的问题，记忆就还有个语言问题。此外还有一门与人工智能共同生长起来的所谓“认识科学”（Cognitive Science[③]），也在研究这些课题。人工智能和认识科学是两门发展很快的现代科学。

这是从计算机的观点来看问题，要使机器更聪明些。当然还有另一个方面，那就是回过头来看看人脑，因为人脑是人的智慧所在，这就是神经解剖学和神经生理学所研究的对象。研究这两门科学是需要非常细致的工作的，实际上直到本世纪初才开始找到必要的工具。所以尽管脑的作用早就认识到了，但神经解剖学和神经生理学的大踏步进展还是近一二十年的事。最近美国高级科普刊物Scientific American[④]专门发了一期讲这件事。虽说有很大进步，但离了解大脑的全部功能还远得很，我

---

① “Chess 4. 7v. Belle”《Scientific American》, VOl. 243, No. 3,p. 80, 1979. 9；《科学》1980年第1期，第134页。

② “Artificial Intelligence”, Eneyclopedia Of Computer Science and Technology, VOl. 2, Marcel Dekker, N. Y.

③ “Cognitive science”, ibid. VOl. 5.

④ 《Scientific American》, VOl. 243, No. 3, 1979. 9；《科学》1980年第1期。

们也许仅仅知道问题的概貌而已。人脑有大约几百亿个神经细胞元，每个神经细胞元又大概有几千个胞突接触，所以总起来人脑可能相当于一台有1014或一百万亿个开关的计算机！但有一点和现在人造的电子计算机不同，神经细胞元之间的联结，看来不是完全固定的。一个人的大脑左右两个半球就不完全相同；决定人生长发育的遗传密码DNA也不能完全管到大脑结构的细节。这结构细节非常重要，它可以随着人的实践而改变、而发展。人比猴子聪明，这是先天的，但人的智慧看来却大部分是后天的。

再看又一方面的研究，心理学的发展也是如此。心理学已经过一百年的曲折道路。我国心理学工作者在辩证唯物主义指导下，总结这百年的实践经验，认为心理是脑的机能，是客观现实的反映，我们要防止心理学生物学化和心理学社会化的两种偏向；也就是说，是人脑这个物质的东西在思维，但思维的功能是受社会实践影响的。这个结论①是同神经解剖学和神经生理学的结论完全一致的。一个宏观，一个微观，有总的相同看法，是令人高兴的。

经过以上几段的说明，我们看到不论从计算机的观点还是从人脑思维的观点，人之所以比现在的电子计算机强是可以理解的；或者说，我们认为人的思维过程是可以理解的。不但如此，而且有具体研究途径，即通过四门科学：人工智能、认识科学、神经生理学（神经解剖学）和心理学。这个研究范围要比逻辑学广得多，它包括了人的全部思维，包括逻辑思维和形象思维。我们也可以称这个范围的科学为思维科学。

思维科学是一大类科学，除了已经讲到的人工智能、认识科学、神经生理学（神经解剖学）和心理学之外，还有语言学、数理语言学，文字学，科学方法论、形式逻辑、辩证逻辑、数理逻辑、算法论等。和思维科学有密切关系的还有数学、控制论和信息论等。这样，长期以来分散而又不相直接关联的学科就可以有机地结合成为一个体系了，而且从数理逻辑引入了精确性。这是由于电子计算机技术革命带来的现代科学技术体系结构的一个发展动向。如上所述，它把现在作为哲学的一个部门的辩证逻辑分化出来纳入思维科学，把现在有人作为自然辩证法一部分的科学方法论也纳入思维科学，而哲学的又一个部门，辩证唯物主义的认识论就作为联系马克思主义哲学和思维科学的桥梁了。这可以说是科学技术体系的一个重大改组。当然，这些考虑离开建立思维科学的体系还有相当一段路，比如上述各门学科之间的关系我们也不很清楚，周建人同志说思维先于语言文字②，这是对的，其他

① 王极盛：《试论我国心理学的发展道路》，《哲学研究》1979年第12期。

② 周建人：《思想科学初探》，《光明日报》1979年6月13日。一种解释说思维过程的内容是思想，所以本文用思维科学而不用“思想科学”这个词。

就知道得不多了。但如果我们积极推动这方面的科学研究，建立并加强各专门研究机构，那就可能不要等到本世纪末，思维科学的体系就可能建立起来。

四

发展思维科学的一个效果，就是原来研究人工智能的目的能实现了，造出更聪明的计算机，叫计算机代替人的脑力劳动的更多一部分，人就能从脑力劳动中更多地解放出来。也许有人要问，机器能够干的事越来越多了，那人还干什么？我想这不应该成为问题，人从比较简单的脑力劳动解放出来之后，人脑就去解决更难更高一级的题目，从而促使人脑向前发展。人类的历史不就是如此的吗？在原始社会人的脑子能想的事总比现在少些，我们现在的脑子总比我们的祖先的脑子好些吧。虽然我们不能一定说一个人的脑重就代替一个人的智慧，但平均的脑重却代表脑的潜力。现在人的脑重就比我们的祖先重些。一个英国统计资料①说现代英国成年男性平均脑重一千四百二十四克，每年还在增长零点六六克，现代英国成年女性平均脑重一千二百四十二克，每年还在增长零点六二克，都在增长。因此人的脑子还是在不断发展的，计算机可以因为思维科学的发展而造得越来越灵，能代替人的更多的脑力劳动，但计算机总是人造的，它总赶不上制造它的人。

发展思维科学的又一个效果是使我们懂得如何更充分地发挥人脑的能力。比如人脑有创造的能力，这不是逻辑推理而是思想的飞跃，是所谓“灵感”。当然灵感也是从实践经验的总结提高得来的，要不是从实践当中来，小孩子刚一生下来不就能灵感一番，就能创造了吗？没有这样的事。而且创造的能力、灵感，是无法说清楚和无法教学生的。记得鲁迅先生就讲过他是怎么学习做文章的：说他的老师从来没有教过他文章怎么写，反正是天天写，写来写去，后来他说老师在他的文稿上画的红杠子慢慢少了，加圈多了，最后不改了，尽画圈了，这就叫学会写文章了。这说明人的脑力劳动中最深奥的是创造，而现在因为我们不了解创造性的过程，不了解创造思维的规律，无法教学生，只能让学生自己去摸索，也许摸会了，也许摸不会。如果我们发展思维科学，那就可能有朝一日我们懂得创造的规律，能教学生搞思想上的飞跃，那该有多好啊。

从辩证唯物主义来看，人胜于计算机，这也将是思维科学的一个结论。就在今天的西方国家，他们那里广泛地应用电子计算机来代替人的不少脑力劳动，但一说到领导决策，他们总是说不能靠电子计算机。王寿云、柴本良、陈宝廷等同志在

① J. A, N. Corsellis, A. K. H. Miller, Annals of Human Biology, V01. 4, p. 253, 参见 New Scientist, V01. 75, p. 719 (1977. 9. 22).

《从领导艺术到软科学》[①]一文中认为这门学问，领导的科学，就是国外的所谓软科学。我想，因为现在思维科学尚在幼年时代，软科学也不是真正的科学，领导的学问也处于从领导艺术转化为领导科学的过程中，领导工作的“艺术”成分还占很重要的位置。将来呢？将来思维科学发展了，领导工作中的一些思维规律搞清楚了，变成科学了；但人脑又向前发展了，领导艺术又会有新的、还未总结为科学的东西。所以软科学总有点“软”，软科学是个很准确的词。

五

前面讲的有关思维科学的事说明人的脑力劳动能力还有潜力，人还可以比现在更加聪明，具有更大的智慧。但我想这只是人的潜力的一个方面，我们还应该考虑其他方面。

一件要研究的事是我国从千百年来就流传不断的气功。气功有硬气功与软气功两个分支。硬气功讲的是徒手断石板，赤身抗刀斧，软气功讲的是却病保健。硬气功与体育有关，大家在电视节目中看到许多惊人的表演，可叹观止。但我看这是一种精心设计的演出，也包括了一部分本来大家知道的力学原理，用得很巧妙罢了，这是可以用现代科学技术已知的理论加以解释的[②]。把这一部分从硬气功中分出去，那么硬气功和软气功就可以结合成一件事：人能通过有规律的、有意识的锻炼，用神经系统去影响人身的机能，即“练功”，逐渐发展一般没锻炼的人所不具有的身体机能，能“运气发功”。这个现象近来已得到许多科学技术工作者的注意，并作了初步的定量测试[③]，它也得到我国心理学家们的肯定，认为这为人的心理能动性反映在调整人体内部活动方面提供新的认识。所以气功说明人还有一般所不认识，也因而未加利用的能力，这也是人的潜力。

近两年还不断在报刊上载有关于十岁左右孩子能以耳认字、辨色，能腋下认字。对此有争论，有人不信，说是弄虚作假；有人信，说作了比较严格的测验，是

① 见《自然辩证法通讯》1979年第4期。

② S. Feld, R.E. Mcnair and S. R. Wilk, “The Physics Of Karate”, Scientific American, Vol.240, No. 4, 1979. 4. P. 150—158.

③ 顾涵森、赵伟：《气功“外气”物质基础的研究》，《自然杂志》1979年第5、6期；张惠民：《远红外信息治疗仪试制成功》，《自然杂志》1979年第7期；顾涵森等：《气功“外气”物质基础的研究——受意识控制的静电增量实验结果》，《自然杂志》1979年第10期；陶祖莱、林中鹏：《气功研究的现状和未来》，《力学与实践》1979年第3期；范良藻、薛明伦、谈洪：《气功与生物电异常》，《力学与实践》1979年第3期；《气功笔谈》，《自然杂志》1979年第11期。

什么因为人体有第七感受器[①]。我认为值得注意的一点是：具有这种功能的都是十岁左右的孩子，再小也不行，再大也不行。那这是不是因为太小了神经系统还没有发育到有这种可能；而岁数太大了，又因这种功能久久不用而退化、消失了呢？有争论不怕，应该深入下去，测试工作做得更严密、更全面些，一定要刨根问底。

这几件事都指出人还有潜力没发挥出来。我们可以反过来想想人现在的能力，不管是体力劳动的能力还是脑力劳动的能力是怎么从人的祖先逐步发展而来的。恩格斯在《自然辩证法》中有一篇《劳动在从猿到人转变过程中的作用》，这是大家所熟知的，这里的论点是劳动创造了人的世界，也在这过程中创造了人。但从猿到古代人，再从古代人到现在的人，改造人的过程不是人所自觉的，人没有能动地去挖自己的机体所具有的潜在能力。一切都是通过体力劳动和脑力劳动，自然而然、不知不觉地在进行的。那现在呢？今后呢？我想从现在开始，我们应该把这个过程从不自觉变为自觉，利用现代科学技术的工具和方法，从思维科学、从气功，从一切潜在的人体机能，去开发人的潜力。我们要建立专门的强有力的研究队伍，特别在生理学和心理学方面，目的是能动地去改进人的能力。现在我们有的同志说应该搞优生学[②]，但优生学比起我们在这里讲的就显得局限多了，太狭窄了。

我在这里讲气功，也讲了可能有的第七感受器的好话，是不是与恩格斯在《自然辩证法》中的《神灵世界中的自然科学》发生矛盾了呢？没有矛盾。我对那里的华莱士先生和克鲁克斯先生也是不赞赏的；不但如此，我对今天的华莱士先生和克鲁克斯先生也是不赞赏的。我想我们都应该努力按科学的态度办事，也就是按辩证唯物主义办事，但要解放思想，切“不要把孩子和污水一起泼掉”。

毛泽东同志说过：“马克思列宁主义并没有结束真理，而是在实践中不断地开辟认识真理的道路。”从辩证唯物主义的观点来看，科学技术总是不断发展的，其内容和结构都在不断地丰富。因此现有的科学研究体制也不会一成不变：在我国现在已经有了以研究自然科学为主的中国科学院，还有以研究社会科学为主的中国社会科学院；但联系到我在这里讲的和在另一篇文字[③]讲的，将来还应该设中国思维科学院，中国生理科学院和中国系统科学院。那大概是二十一世纪的事了。

选自《哲学研究》，1980年第4期。

---

① 谢毓瑜、王志秀：《观察谢朝晖用耳认字辨图辨色的小结》，四川省大足县联合考察组：《关于唐雨耳朵辨色认字的考察报告》，陈守良、贺慕严、王楚、朱求：《姜燕特殊感应机能的衰退与恢复》，均见《自然杂志》1979年第12期；罗冬苏：《为什么耳，手能辨色认字——再谈人体第七感受器》，《科学园地》（天津市科协）1980年1月10日及《光明日报>1980年2月13日。

② 《光明日报》1979年12月18日。

③ 钱学森：《大力发展系统工程，尽早建立系统科学的体系》，《光明日报》1979年11月10日。

系统科学、思维科学与人体科学

研究现代科学技术的发展，也自然会提出科学技术体系的结构问题。在自然科学、数学科学和社会科学这三大部门之外，现在似乎应该考虑三个新的、正在形成的大部门：系统科学、思维科学和人体科学。关于这三个部门，我在以前的几篇文章中曾讲了一些初步看法，也得到了同志们对这些看法的意见。这些意见促使我进一步考虑这三大部门科学的发展和结构问题。在这里我将谈谈一些想法，请大家讨论，批评指正。

一

先说系统科学这个大部门。

以前我看到大力发展一类新的工程技术——系统工程的必要性，因而提议进一步发展和深入研究这类工程技术的理论基础。目前系统工程，除了与各门系统工程专业有关的专门学问，如工程系统工程的应用力学、机械设计、电力工程等之外，各专业系统工程的共同理论基础是运筹学；而今后进一步发展也要用到与运筹学相关的控制论。但是运筹学在现代科学技术体系中是紧靠工程技术实践的一般理论，属于我们称为技术科学的那类科学。技术科学是直接为工程技术服务的；也可以说实践经验的理论总结，首先达到的台阶是技术科学。控制论这一门二十世纪前半叶从自动控制技术成长起来的新科学也是技术科学。但在技术科学这个台阶之上，应该还有一个台阶，即基础科学。在自然科学这个大部门中，例如物理学是基础科学，化学是基础科学。系统工程这类工程技术迈到运筹学以及控制论这一级台阶不会就停止不动，上面还有它们的基础科学，但什么是它们的基础科学呢？这是从现代科学技术体系这一观点或科学学的观点不能不提出的课题。换句话说，也就是要建立系统科学的结构体系。

关于系统科学的基础科学这一问题，我以前没有答案，而只是模糊地提问道：运筹学的进一步精炼会不会出一门理论，事理学？控制论（包括工程控制论、生物控制论、经济控制论和社会控制论）的进一步精炼会不会出一门理论控制论？这种提法，只引起我们思索，而没有指明途径，不解决问题。

要有进展，我们必须从系统工程的范围中走出来，在更大的视野中去考察。

我们看到生物学界的发展，正如罗申（R. Rosen）在不久前的一篇论文中[①]所讲的，十八世纪以来的近代科学发展，在自然科学的研究中占主导地位的是还原论和经验论的方法，或形而上学的方法，这在当时是一个伟大的进步，是对古人的反击和革命：古代人们直观地以有机物或神灵主宰一切。然而罗申似乎忘记了从神灵到拉普拉斯的机械论之间也曾有过古代的唯物主义和辩证法；近代科学方法是从古代唯物主义发展而来的。罗申指出，近代科学的这种只重分析与实验的方法，在生物学的研究中，把生物解剖得越来越细。近四五十年更是攻打到了分子的层次。我们可以说把生命现象分解为分子与分子的相互作用，现在已取得了伟大的、惊人的成就，建立了分子生物学这门有非常充实内容的科学。但在这一发展面前，也有许多生物学家感到失望，我们知道得越细、越多，反而失去全貌，感到对生命的理解仍然很渺茫，好像知道得越少了。五十年前冯・贝塔朗费比较明确地认识到这一点，他开始所谓理论生物学（Theoretische Biologie，1932）的研究，要从生物的整体，把生物整体及其环境作为一个大系统来研究。冯・贝塔朗费还由此创立了他称为一般系统论（general system theory）的科学[②]。还把它应用到广泛问题的研究，例如研究人的生理，人的心理以及社会现象等。

一般系统论这一学科来源于生物学研究，是一个重要发展。王兴成同志在介绍它时[③]，把其基本原则归纳为一是整体性原则，二是相互联系的原则，三是有序性原则，四是动态原则。既然一般系统论是研究系统，一、二两条基本原则是容易理解的。三、四两条基本原则有些新鲜：它们来源于观察生物和生命现象。生物有一个有条不紊的构造，而且能有目的地生长和演化。这看来是生命所特有的。生物一死，构造立即开始破坏，生长和演化也立即停止，转入分解。所以一般系统论的核心是这后两条基本原则。冯. 贝塔朗费等人，首先认识到这个生命所特有的现象与物理学中热力学第二定律说的不同：热力学第二定律说一个封闭系统（同周围环境没有能量和物质交换的有限大的系统）的熵只能增加，看来越变越无序，而不是走向有序。抓住这一点，一般系统论强调系统的开放性，即系统要同周围环境有能量和物质的交换。

一般系统论的一个重要成果是把生物和生命现象的有序性和目的性同系统的结构稳定性联系起来：有序，因为只有这样才使系统结构稳定；有目的，因为系统要走向最稳定的系统结构。这个概念当然与现代科学中的控制论有关。

---

① Rosen R., Int. J. General Systems, 5（1979）173.

② Von Bertalanffy L., General System Theory,G. Braziller.

③ 见《哲学研究》1980年第6期，第35页。

但是由于生物和生命现象的高度复杂性，理论生物学家搞一般系统论遇到的困难很大。几十年来一般系统论基本上处于概念的阐发，理论的具体和定量结果还很少。当然，他们抱的希望还是很高的，罗申就说："从演化的角度来看，生物学可认为是一部告诉人们如何有效地解决复杂问题的百科全书，以及解决这些问题中要避免的事项。生物学给我们提供了如何在大而成员各有不同的集体中进行合作而不是竞争的实例，从而证明这种集体合作是可能的、存在的。"（当然他在这里把合作和竞争割裂了，在生物界里，合作与竞争也是辩证地统一的。）

复杂系统中的结构稳定性代表着有序性，但这稳定性到底是怎么产生的呢？首先给出这方面线索的是普里戈金（I. Prigogine）和由他率领的所谓比利时布鲁塞尔学派。他们在几十年的工作中，首先从平衡态热力学出发，研究了稍为偏离平衡态的热力学，从而得到处理一般不均匀物质中各种传递过程的理论。其中利用了昂萨格（Onsager）关于传递系数的对易定理。这就是由这个学派创立的非平衡态热力学。普里戈金由此再向远离平衡态的方向推进。他发现只要化学反应的速度不是大到使分子运动的速度分布比起麦克斯韦平衡态分布有过分的畸变，那么线性传递关系，也就是输运流强与物态的空间梯度成线性关系，仍然是正确的，尽管现在传递系数必须作为局部物态的函数。这就使得他们的非平衡态热力学，可以推广到远离平衡态的情况。他们由此发现了远离平衡态的稳定结构，也就是所谓"耗散结构"（dissipotive structure）[①]。并认为耗散结构就是一般系统论中要找的具有有序性的系统稳定结构。他们的系统合乎理论生物学的规定：从热力学的角度来看，系统必须是开放的。系统本身尽管在产生熵，但系统又同时向环境输出熵，输出大于生产，系统保留的熵在减少，所以走向有序。布鲁塞尔学派的这些成就把理论生物学推进了一大步，使一般系统论的有序结构稳定性有了严密的理论根据。系统自己走向有序结构就可称为系统自组织，这个理论也可称为系统的自组织理论。

二

但是只从热力学考虑问题，只从宏观研究问题，虽然可信，总给人以隔靴搔痒之感，不透彻。我们要深入到微观，从系统的每一个细微环节来考察全系统的运动。在这方面，从比较简单的系统做起的控制论，近年来有一个新发展，即巨系统理论。巨系统理论着重分析系统的层次结构；一级管一级，同级结构之间有一定的独立性。这诚然是个微观理论。但直接把巨系统理论用于生物，从细胞作为基层单

① Glansdorff P., Prigogine. I, Thermodynamic Theory of Structure, Stability, and Fluctuations, Wiley（1971）；沈小峰、湛垦华：《自然辩证法通讯》1980年第1期，第37页。

元开始；或用于社会经济，从每个企业、每个生产队作为基层单元开始；那就要把亿万个细胞，千百万个企业、生产队，一齐进入计算分析，毕竟太繁琐，无法取得具体结果。所以直接从微观来考察系统又不实际，不现实。这一进退两难的处境，正如当年人们认识到气体由相互作用的亿亿万万个分子组成，一对分子的相互作用的规律是清楚的，就是分子太多，作为这亿亿万万分子整体的系统、气体的性质，却无法取得具体结果。我们需要一个微观过渡到宏观的理论。实现这一过渡的奥秘在于：我们其实并不需要知道每一个分子的运动才能知道作为整体的气体的性质；宏观知识不要求知道那么多细节。这一认识使十九世纪后半叶的物理学家发展了一门新学科——统计力学，不求知道每个分子的运动，但求得到整体分子的平均行为。统计力学使得热力学这一宏观规律的学问能通过分子的微观运动来解释，微观到宏观的道路打通了。这是近代物理学的一项辉煌成就。它给我们一个启示：在研究复杂的巨系统中，我们也要引用统计方法，才能透彻地看到局部到整体的过渡，才能避开不必要的细节，把握住主要的现象。哈肯（Hermann Haken）[①]就是用这样的观点来研究系统行为的。他的工作是从六十年代研究激光发射机理开始的。由于当时现代科学技术的多方面成果已经摆在他面前，他吸收了概率论、信息论和控制论的有关部分，并且从一些平衡态，如超导现象和铁磁现象的理论发现，有序结构的出现并不是非远离平衡不可。超导体和铁磁体的结构是一种有序结构，就连液体和固体结构也在一定程度上是有序的；而它们都可以在热力学平衡下，从无序的状态产生。哈肯还发现激光发射这种远离平衡态的系统与上述平衡态的系统，在形成系统的有序结构的机理方面是相似的，都是本系统固有的性质。这就是说关键不在于热力学平衡还是热力学不平衡，也不在于离平衡有多远，而在于下面的情况：系统的详细运动或微观描述可以用一大组联立一阶时间导数的常微分方程来表达，有多少个描述系统状态的变数，方程组的方程就有多少。对复杂的系统来说，描述系统的变数在某瞬间可以成千上万，上亿万；但不管多少，用一个坐标标出一个系统变换的值，那系统的瞬间状态总可以用这样一个许许多多互相垂直的坐标轴所形成的多维空间中的一个点来表达。这个多维空间，在统计力学中称相空间。系统随时间的变化就是这个代表系统状态的点，在相空间随时间的移动。所以如果系统自己要走向一种有序结构，那就是说代表那种系统有序结构的点是系统的目标，不管从空间的哪一点开始，终归要走到这个代表有序结构的点。更复杂的情况也可以出现，有序结构不是固定不随时间变的，而是一种往返重复的振荡，那就在相空间有一个封闭的环，这个环就是系统的目标。如果还要把在有序结构点或往返重复振荡

① Haken H., Synergetics,an Introduction, Springer（1977）；哈肯H.：《自然杂志》1978年第1期，第229页。

附近的随机涨落也包括进去，那就说在相空间的这种点或环是不那么清晰的，有些模糊。哈肯的贡献在于具体地解释上述相空间的“目的点”或“目的环”是怎么出现的。他的理论阐明，所谓目的，就是在给定的环境中，系统只有在目的点或目的环上才是稳定的，离开了就不稳定，系统自己要拖到点或环上才能罢休。这也就是系统的自组织。研究相空间系统的稳定性，哈肯得力于托姆（R. Thom）的突变论。所以哈肯是综合了现代理论科学的许多成就才创立了他的系统理论的，他称他和他一起工作者的理论为“协合学”或“协同学”（Synergetics），并把它应用到物理现象、化学和生物化学现象和生物现象，甚至用到社会现象。

从上节和本节的阐述，可以看到系统理论的研究是多么广阔的一条战线。一方面是各种系统工程的实践带来了运筹学，以及控制论，特别是巨系统理论的发展。另一方面是理论生物学的研究，带出了一般系统论；同时推动了非平衡态热力学的研究，产生了开放系统远离热力学平衡的耗散结构概念，作为有序性、自组织的理论。而近年来哈肯综合了现代科学的多方面成就，建立了比较深刻的系统理论。打破了热力学封闭或开放的隔阂，甩开了经典热力学概念的牵制。当然布鲁塞尔学派、哈肯学派以及一般系统论都还在进一步发展，而且我们也远不能把有关系统理论的研究都归纳为这几方面，还有我没有讲到的研究工作。把所有这些成果同运筹学、控制论结合起来，建立一门系统的基础理论科学——“系统学”，看来是不会太远了，而系统科学这一科学技术部门的体系可以建立起来了。这比我以前讲的具体得多，毕竟有了一个系统学的形象轮廓了。这是扩大视野带来的好处。我们可以预期系统学的结果也将帮助理论生物学和其他科学理论的发展。本文后面将会提到。

系统学的建立也将向马克思主义哲学提供深化和发展的素材。普里戈金的开放系统强调了世界的一个局部可以走向有序的结论是很有启发性的，它使我们从经典热力学的窒息气氛中解放出来，再也不必去召唤麦克斯韦的妖灵来减小某处的熵了[①]。当然由此而深化和发展了的哲学又反过来指导科学技术的研究。而且将不只是对系统学本身，也对整个系统科学有意义，并且对其他科学、其他技术也都有深刻的意义。从马克思主义哲学到系统学的桥梁，可以称为“系统观”或“系统论”，它将成为辩证唯物主义的一个组成部分。

三

现在我来讲本文的第二个题目，思维科学。以前我没有明确思维科学的研究

① 见《北京科技报》1980年7月11日第1版。

范围。为了与本文的再下一个题目人体科学划清研究领域，我想思维科学似乎应该是专门研究人的有意识的思维，即人自己能加以控制的思维。下意识不包括在思维科学的研究范围，而归入人体科学的研究范围，是心理学的事。当然这个划分不是一成不变的；非意识的或现在还不能控制的大脑活动，将来也有可能终于为人所认识，变成可以控制的了，那就会归入思维科学的范围。

我以前也说过，在思维科学和马克思主义哲学之间的桥梁是认识论。我现在仍然以为可以这样讲。当然思维科学的发展会大大丰富认识论的内容，从而也为马克思主义哲学提供发展的材料。明确了思维科学和哲学的关系，也就可以帮助解决近来在讨论辩证逻辑中的分歧[①]，显然，唯物辩证法属于哲学，而辩证逻辑属于思维科学。

现在让我们考虑，有意识的思维到底有几大类？一般好像认为思维有两大类[②]，一类叫逻辑思维，或抽象思维，一类叫形象思维。直到现在我们仅对逻辑思维有了比较系统的研究，从而总结出了它的规律——逻辑学。而形象思维则研究得很不够，还没有成为一门科学。这是不是由于人们总想形象思维和文学、艺术的创造有密切关系，因而也就以为是文艺领域的事，无关科学了呢？如果是这样，那也是个误解，因为文艺创作活动也是人的一项社会实践，实践才造成文学家、艺术家在创作中进行形象思维的能力，如果形象思维真的没规律，可以乱来，那也就不会有文学家、艺术家了；而且形象思维不但文艺工作者使用，其他人包括自然科学家、工程师也经常使用。所以一定有规律，一定可以建立一门形象思维的科学，叫“形象思维学”。

但我认为就是现在也不能以为思维就只有逻辑思维和形象思维这两类。还有一类可称为灵感，也就是人在科学或文艺创作中的高潮，突然出现的、瞬息即逝的短暂思维过程。它不是逻辑思维，也不是形象思维，这后两种思维持续时间都很长，以至人说废寝忘食。而灵感却为时极短，几秒钟，一秒钟而已。那灵感是不是可控的呢？一点是肯定的，人不求灵感，灵感也不会来，得灵感的人总是要经过一长段其他两种思维的苦苦思索来作其准备的。所以灵感还是人自己可以控制的大脑活动，是一种思维。有没有规律？刚生下来的娃娃不会有灵感，所以灵感是人社会实践的结果，不是神授。既是社会实践的结果就是经验的总结，应该有规律。总而言之，灵感是又一种人可以控制的大脑活动，又一种思维，也是有规律的。我们也要研究它，要创立一门“灵感学”。

将来我们还会发现其他类型的思维。

---

① 秋田：《光明日报》1980年10月23日第1版。

② 沈大德、吴廷嘉：《中国社会科学》1980年第3期，第109页。

逻辑学、形象思维学、灵感学都是属于思维科学这一科学技术大部门中的基础科学。至于诸如语言学、文字学、密码学、人工智能、计算机软件技术、图象识别技术等等，似乎都可以当作思维科学体系中的应用技术，属工程技术类。至于什么是思维科学中介乎基础科学和应用技术之间的技术科学？现在更看不清楚。我们也甚至可以考虑把美学归入思维科学的体系。总之，思维科学的体系还有待于进一步的研究与发展，现在还说不清；只不过正像本文开头时讲过的，思维科学和数学科学是两大不同的科学技术部门，有各自的体系。

逻辑学、形象思维学和灵感学作为基础科学，作为“思维学”，也只有逻辑学部分比较成熟，其他两部分还有待于创立；但一旦有了这些学问，对科学技术的进展，影响将是巨大的。我们这样说，因为有逻辑学这个例子：逻辑学是现代电子数值计算机的理论基础。电子计算机的巨大成就，先是数值计算，现已发展到数学公式的推演，并进而实现定理的计算机证明，其作用已涉及到生产、科研、管理、行政等现代社会的各个方面。电子计算机可以称得起是一项技术革命，与十八世纪的蒸汽机、十九世纪的电力和现代的核能并列。而这一发展得力于逻辑学的应用，出了软件技术这一门在电子计算机技术中非常重要的学问，没有它就形不成计算机科学技术。与此相比，形象思维就未创立，我们还不清楚形象思维的规律：就是图形的识别也还是个大问题，不知道人脑是怎么识别图形的！所以也就不知道怎样造一台识图机器，或怎样叫计算机去识图。现在有人在试作，但机器识图的结果令人很不满意，机器笨极了，而且不可靠。例如现在邮局用来读信封邮政编码的机器据说也只有大约60%的成功率，其余相当大的一部分机器读不出，还得剔出来请人来认。所谓“一家方便万家难”的一家方便也是有限的。这比起机器数值计算，每秒运算几十万次、几百万次、几千万次、几亿次，真可谓天壤之别！原因在哪里？在于我们掌握了逻辑学，但没有掌握形象思维学。那我们一旦掌握了形象思维学，会不会用它来掀起又一项新的技术革命呢？这是颇为值得玩味的一个设想。

那么如果我们掌握了灵感学呢？那人的创造能力将普遍地极大地提高，岂不人人都成了“天才”，这是更发人深思的了。

认识到深入研究思维学和发展思维科学的重大和深远意义，我们要问：到底如何去研究思维学这门这么重要的科学呢？一条途径是比较古老的，可以称为心理学的方法：人自己内省，即自己考察自己的思维过程，即以人用自己作试验。老方法也有新内容，我们可以引用一些较新的科学，如认识科学和科学方法论的成果；而且现在试验技术也有很大的提高，可以用各种精密的科学测量仪器了，例如脑电图技术有发展，测到的电位信号可以经过电子计算机处理，滤去噪声，取得各种纯信号。有一种叫做“事件电位”（event—related potential，ERP），标志不同大脑思维

活动单元。试验中还可以使用各种对大脑部位产生特定作用的药物，来改变其活动作用，然后观察对思维的效果。这条途径也可称为宏观的研究方法。

又一条途径是微观的方法。人脑是由许许多多神经细胞所组成。细胞种类也很多，有人估计有五千万种；细胞总数约一千亿，或10^{11}个（以前估计有10^{10}个）。每个细胞又伸出许许多多支叉，有一个主枝，叫轴突，还有不少分枝，叫树突。轴突和树突都同相邻细胞或神经细胞形成一对一对的接触，叫突触；一个突触就好比一个开关，开关作用是通过特定的有机化学分子来实现的。大脑一共有多少对开关呢？一共有10^{15}个（以前估计为10^{14}个）。所以人的大脑好比一台有10^{15}个开关的电子计算机！这比目前世界上最大的计算机还不知大多少倍。而且还有一个重要区别：电子计算机，至少是目前的电子计算机，内部结构是固定的，不变的，作成了就那样了；但人脑从小孩到成年、到老，一辈子在人的实践中改造、完善，人的智力可以不断提高。这也就是说人脑的功能和人的社会活动有密切关系，人脑是一个受社会作用的、活的、变化的系统。我们必须注意这一特征。

以上都只是现代脑神经解剖学告诉我们的人脑的概貌。不只是上述概貌，脑神经解剖学和脑神经生理学还告诉我们人脑的大致构造，特别是神经细胞轴突和树突的具体动作，动作的细节也一天天搞得越来越清楚了。这是近十年来的巨大成就。我们说的研究思维学的微观方法，就是人脑这种微观结构和一个个单元的动作性能同人的思维联系起来，看到人脑有10^{15}个单元，或说人脑是由10^{15}单元组成的超级巨系统。研究思维的微观方法行得通吗？如果不是有本文前几节讲述的系统学研究作准备，我想对这个问题是难以答复的。有了这个准备，我们总可以说：尽管人脑是极为复杂而庞大的系统，系统学的进一步发展终会使微观研究思维学的方法取得成功，完成从微观到宏观的过渡，在研究中我们也可以借助于电子计算机模拟的人工智能工作，从而我们终将不但知道我们自己思维的“当然”，而且知道其“所以然”。

四

现在再谈本文的第三个题目，人体科学。

首先我说说人体科学的研究范围。它是研究人体的功能，如何保护人体的功能，并进一步发展人体潜在的功能，发挥人的潜力。有意识的大脑活动，即思维虽然是人体的一项非常重要功能，但已归人思维科学的研究范围，就不包含在人体科学的研究范围内了。

再就是名词问题。以前我曾用过“生理科学”这个词，这不确切，太狭窄了。

现在有的同志用“人体生命科学”这个词，加入了生命两字，我感到这有限制一下的意思。考虑到人体科学是一个科学技术大部门，一个体系，包括如同系统科学和思维科学那样从基础科学到技术科学、到应用工程技术三大类，特别是到应用技术，会包括非生命的内容，限制了反而不妥，还是不加“生命”为好，也省两个字，名词短些。

说短，也有另一个名词，“人学”。这个词有两种不同的涵义。髙林同志的人学是要全面地、综合地研究人[①]，其研究范围远远超出人体科学。“人学”的另一种解释是说，由于当前我国社会中出现的不良风气，有那么一门拉关系、走后门，阿谀奉承、溜须拍马的“学问”。这都和这里谈的人体科学不同。

现在来谈谈人体科学的体系，从应用技术、工程技术说起，可以先讲体育技术，这也包括武术、杂技，以及中国戏剧中的武打功、身段功。这方面的活动自然是在现代社会中占非常重要的位置，而且有国际影响。我在这儿提出是说要把体育技术作为一门科学技术来看待，要能讲出道理，不是只靠巧劲儿或拼体力。有时运动器械或道具也很重要，例如撑竿跳高，竿的重量、弹性非常重要，竹竿不如玻璃钢竿，玻璃钢的又不如碳纤维的。这都是学问。

人一机工程是又一门非常重要的应用人体科学技术。这是专门研究人和机器的配合，考虑到人的功能能力，如何设计机器，求得人在使用机器时，整个人和机器的效果达到最佳状态。在生产过程中，人一机工程搞好了，生产效率可以大大提高。在武器设计中，人一机工程搞好了，战斗力可以大大加强。在特殊环境中，如载人航天飞行器里，人处于失重状态、而再入大气层返回地面时，又要经受超重加速度等等，如何培训航天员和设计飞行器的各种工作系统，自然是个严重的问题；这也是人一机工程。对有些自动化系统，人们发现，如能让人对系统作适时、适当的干预，比全不要人参加要好。这也就是让人发挥综合形势、权衡多方面利弊、作出判断的长处，也让机器发挥大功率、高速度、精确运动的长处。就在电子计算机的运算过程中，也会有人干预计算而缩短计算过程的情况。人一机工程是人体科学和机械科学、电子科学的结合，是今天发展很快的一门技术。

从人体科学的角度来看，大家熟知的医疗学科可以认为是这一科学体系中的应用技术。这包括各临床学科如内科学、外科学、妇产科学、儿科学、眼科学、耳鼻喉科学、皮肤科学、神经病学、精神病学、口腔医学，以及内分泌学、肿瘤学、围产期医学、老年病学、传染病学、骨科学等等。此外作为人体科学体系中的应用技术还有各种预防医学学科，如职业病学、少年儿童卫生学、营养卫生学、劳动卫生学等。在应用技术方面，还有非常重要而决不容忽视的气功疗法。

① 见《北京科技报》1980年7月25日第3版。

在人体科学的体系中，为上述应用技术提供直接理论依据的是技术科学性的学问。例如联系体育技术的是运动生物力学和运动心理学。前者运用力学原理研究身体各类动作的合理性；后者研究运动员的心理在体育运动中的状态和作用。联系各种人—机工程的有工效学，也称人体工程学（ergonomics）[①]。至于联系医疗卫生的技术科学性学问，那就是病理学、药理学、毒理学、免疫学、寄生虫学等，而这又要引用微生物学、生物化学、有机化学等自然科学的成果。

作为这一大类应用技术和技术科学的人体科学的基础科学呢？那是阐明人体构造的解剖学、人体功能的生理学，以及组织学、胚胎学，还有遗传学。再就是研究人脑非意识活动的心理学。当然人体的功能也受人脑有意识活动的影响，所以前节中讲的思维学也是人体科学的基础科学。这就是说现代科学技术几个大部门之间有交叉。其实以上讲的人体科学这一大部门中的应用技术和技术科学也综合了其他部门的学科知识。

从以上叙述我们看到：人体科学的各学科都是已建立了的，有的还有百年以上的历史。在这里我提出人体科学体系的概念，只是把它们按基础科学、技术科学和应用技术，组织排列起来，让它们在新体系中就位而已。但是，是否仅仅如此呢？既然建立了人体科学这一科学技术大部门，那按我们以前提出的现代科学技术结构体系，就必然要问：什么是这个部门与马克思主义哲学的联系？什么是其过渡的桥梁？我们这里讨论的是一大科学技术部门与哲学的联系，不是一门科学、一门技术单独地与马克思主义哲学的关系，例如医学与哲学的关系[②]。这符合哲学高度概括的本质，因此就比较容易从广阔的视野考察问题，而取得结果。当然，这个通到哲学的桥梁还有待于我们去构筑。

五

其实我们组织起人体科学体系的目的是为了迎接这一部门已经开始的发展和即将来临的更大进展，要承认它在现代科学技术中应有的重要性。

是什么重大发展？我们可以先从国外情况讲起：正如我在本文第一节讲的，现代生物学中有不少人看到百年来近代科学的还原论和经验论研究方法的缺点，只注意“树木”，不注意“森林”，因而对“森林”总不能全面认识！所以理论生物学家提出要研究生物的整体。而且生理学和医学的研究也不断发现人体的新现象，迫使我们改变过去对人体组织的概念。例如：以前我们以为人体的各个器官是分层次

---

① 封根泉：《北京日报》1979年5月16日第3版。

② 旭玮：《中国自然辩证法研究会通信》1980年第19期，第1页。

组织的，中央发号施令的是大脑，然后是各生理系统，每一系统有它自己的功能传递化合物，各就各位，各司其职。在“基层”工作的化学物质有亲皮质素、血管紧缩素II、激胆囊素八肽、胃泌激素、生长激素、胰岛素、β—肥胖素、催产素、激乳素、血管加压素等等，我们从它们的名称就知道它们本来是被认为在人体内脏各系统工作的。但现在发现以上说的这些化合物，还有其他同类化合物，一共二十多种，竟然出现于人的大脑[1]，可以说在基层工作的跑到中央领导机关来了。这不是打乱我们那种层次分明的人体组织了吗？它说明人体的整体功能比我们以前设想的要灵活得多，一定还有许多奥秘未被我们识破。

我国脑神经学专家张香桐教授研究了针刺镇痛的机理。针刺在某一穴位，能不能产生某局部的镇痛效果？从经典生理学的观点，人体器官各司其职，针刺能镇痛是不能接受的。我国至今还有生理学家不相信针刺能镇痛。但张香桐教授发现：针刺能激发人的下丘脑分泌内啡肽，内啡肽作用于神经，起到局部镇痛作用。针刺镇痛作用不是直接的，是通过大脑的。这又给我们启示，人体的整体功能是跨越组织部门的。

这些现代科学成果促使我们去考虑祖国传统医学、中医理论的正确性。中医理论中的阴阳说和五行说，中医理论的脏腑论和经络学说，中医理论的六淫、七情，中医讲究辨证论治，这些都强调了人体的整体观以及人和环境、人和工作的整体观。应该说，这是符合马克思主义哲学、辩证唯物主义的。中医理论的缺点是它和现代科学技术挂不上钩，语言、概念是两套。所以中医自有中医的一套，西医自有西医的一套，只能独自发展，各搞各的。目前说中、西医结合实际是在临床治病，请中医治，也请西医治，各发挥其所长，双管齐下，加快病人的康复过程。这种中西医结合也是一条医疗事业的途径，也要提倡。我国目前的现状是三条途径，西医一条，中医一条，中西医结合也是一条。

中医真用不上现代科学技术的语言和概念吗？一九七三年戈德伯格（Goldberg）和一九七七年邝安堃教授作了回答：他们先后用科学实验分析证明：中医所谓阴虚、阳虚的症状至少有一部分与血液中的环腺苷酸（cAMP）和环鸟苷酸（cGMP）含量有直接联系。这不就把中医的语言翻译成现代科学的语言了吗？而且阴虚、阳虚只能定性，不能定量，而分析血液的环腺苷酸和环鸟苷酸是可以精确地定量的。这是古老的中医现代化！这些都证明中医是可以现代化的。中医发展的前途是中医现代化[2]。

与中药密切相关的是祖国传统医疗卫生的又一珍宝——气功。在前节我们已

① Wingerson L., New Scientist, 186, 1201 (1980) 16.

② 王建平等：《上海中医药杂志》1980年第4期，第2页。

经说到它了，气功对保护人民健康和治疗疾病有公认的效果。但气功本身又有十分重要的科学意义：正如吕炳奎同志所指出的①，气功与中医理论相通。练气功的人对气血、经络、脏腑等中医学说通过运气练功的实践，得到感受而容易理解，因此气功又是研究中医理论的钥匙。有的同志认为：中国古代的医药名家，很可能就是有成就的气功师；这些同志并认为气功是中医中药理论的泉源。我们要研究中医理论，实现中医现代化，就必须同时科学地研究气功。

但气功的科学意义还有另外的方面：练气功功夫深的人，高级气功师，还具有透视人体，透视地下构筑，“发气”拒敌，十步之外摔倒人等功能。这就把气功同现在人们注意的人体特异功能关联起来。高级气功师的特异功能是后天练出来的，而十岁左右少年的特异功能是经过诱发的先天秉赋；高级气功师的特异功能更强，效果更惊人，虽然两者可能都反映这是人类某种潜在的固有功能的显现。研究少年儿童的特异功能是件重要的工作，近来已取得进展②，这是可喜的。但我们应该以更大的努力结合高级气功师的实践去研究气功，建立“气功科学技术”这门学问。现在国外已经对此重视，而且开展了工作。我们应该有紧迫感，不要失去时间。但这是要投入一定力量的，要把各方面的科学技术人员组织起来，并要有一定的条件。目前这方面的工作还得不到国家的支持，还是业余式的，因而也往往限于仪器设备等条件而不够严谨，达不到开发新科学领域所要求的清晰、确凿程度.王伽林同志③为了在这种条件中取得无可置疑的科学结果，竟在自己身上开刀，剖腹测量胆汁流量与练功的关系，这种精神，令人肃然起敬。

以上所讲的情况也引起我们去思考：为什么在中国长达两千年的实践中的气功、中医、特异功能，却断断续续，得而复失，道路那样曲折？是什么缘故？是人们的偏见吗？是的，偏见令我们失去真理，我们要警惕啊！

由此我也想：我们还有什么在历史上已经发现了的东西，后来又扔了呢？陈涛秋同志在给我的信中认为人是可以在千里之外感受亲密知己的思想的，并认为历史上有许多记载作证，我想这种现象当然可以用现代科学仪器作测验，但除此之外，似乎也可以作一番历史文献的调查研究。历史文献是人类过去社会实践的记录，也可当作是实验室的笔记。我国地震工作者，就曾从史书、县志、杂记等历史书籍中获取非常宝贵的地震数据。竺可桢教授也曾从史书和古籍中查到关于古代气候的材料，总结出古代历年我国气温升降的曲线。那么我们现在可不可以把古籍中关于气功、中医理论、特异功能人与人的遥远感受，以及其他事例，经过鉴别，去粗取

---

① 见《自然杂志》1979年第2期，第676页。

② 见《自然杂志》1980年第3期，第643页。

③ 见《自然杂志》1980年第3期，第164页。

精，去伪存真，整理出来，作为一门古代实验的学问，可叫“古实验学”。这不是会对我们研究人体功能很有用吗？

讲了以上的话．对人体科学会要大发展这一论点，我看是比较清楚的了。看，人还有多么大的潜力啊！我们将使上一节所陈述的现有人体科学彻底改观！在这一大发展、大创造中，一定要把人本身作为一个系统，把人和环境作为一个系统，所以系统科学和思维科学的研究成果也一定会促进人体科学的研究。

在结束本文前，我们不禁要对现代科学技术进展的速度感到惊奇。从引证的文献来看，正是由于国内外广大科技人员的协同劳动，我们才有可能在这里一下子提出三个崭新的科学技术大部门：系统科学、思维科学和人体科学，从基础科学到技术科学、到应用技术。而它们在一九七八年的全国科学大会上，还没有占重要位置，八个当时认为是影响全局的综合性科学技术领域、重大新兴技术领域和带头学科，是农业科学技术、能源科学技术、材料科学技术、电子计算机科学技术、激光科学技术、空间科学技术、高能物理和遗传工程，而本文讲的新学科仅出现于单项研究中。这三个新的科学技术部门都有强大的生命力：推动系统科学研究的是现代化组织和管理的需要，推动思维科学研究的是计算机技术革命的需要，而推动人体科学研究的是开发人的潜力的需要。两年的变化是鼓舞人心的，现代科学技术的前途无量！让我们在结束时再次引郭沫若同志在全国科学大会上讲话中用过的白居易的词句：“日出江花红胜火，春来江水绿如蓝！”

（选自《自然杂志》，1981年第1期）

现代科学的结构
——再论科学技术体系学

我以前谈过现代科学技术的体系结构①②③④，认为从应用实践到基础理论，现代科学技术可以分为四个层次：首先是工程技术这一层次，然后是直接为工程技术作理论基础的技术科学这一层次，再就是基础科学这一层次，最后通过进一步综合、提炼达到最高概括的马克思主义哲学。这也可以看作是四个台阶，从改造客观世界的实践技术到最高哲学理论，可以算是横向的划分。纵向的划分就是学科部类的划分了，在一般的看法中，大的部门是自然科学和社会科学；我国现在就有中国科学院和中国社会科学院，以及他们各省、市、自治区的分院两个系统。但我认为如果考虑到今天科学技术的现况和今后的发展，科学技术纵分的大部门应该是自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学和人体科学这6个大部门。怎样看待这六个部门？它们是以什么界限来划分的？总的来说，当然都是人通过实践所认识到的关于客观世界规律的知识。以前传统的观点是：科学部门以对象领域划分，自然科学研究自然界，社会科学研究人类社会。但如此也产生了一个毛病：数学归入自然科学，社会科学就不大用数学。这一缺点已为不少人们认识到了⑤。这引起我从新探讨这个现代科学技术的结构问题：六大部门是怎么划分的，是以对象领域来划分的吗？还是其他的划分法？

本文就讲讲对这一问题的一点看法，提请同志们讨论，批评指正。

一

其实自然科学研究的范围虽说在16世纪、17世纪是自然界，但到了18世纪产业革命以后，早已不限于自然界了。今天自然科学的物理、化学、生物学、天文学、地学和其繁多的技术科学与工程技术已经涉及整个客观世界，自然的和人造的。自然科学当然有它的特点，这特点是它的着眼点，看客观世界的角度，也就是恩格斯

---

① 钱学森：《科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学》，《哲学研究》1979年1期，20～27页。
② 钱学森：《关于建立和发展马克思主义科学学的问题》，《科研管理》1980年1期，1～6页。
③ 钱学森：《自然辩证法、思维科学和人的潜力》，《哲学研究》1980年4期，7～13页。
④ 钱学森：《系统科学、思维科学和人体科学》，《自然杂志》1981年1期，3～7页。
⑤ 刘文：《社会科学也要现代化》，《光明日报》1981年12月8日，第3版。

在大约100年前提出的自然辩证法的中心思想：研究物质在时空中的运动；物质运动的不同层次；不同层次物质运动的相互关系。再概括一下，自然科学是从物质运动这个着眼点、这个角度去看整个客观世界。自然科学家看一个机械制造厂，不着眼于厂的财务、经营管理、经济情况，而把工厂看成材料流动、加工切削的场所，研究其能源消耗、机械磨损、产品的质量和性能等。

也由于自然科学的着眼点是物质运动，所以研究自然科学离不开质量、长度和时间这三个量，称为基本量纲。自然科学这一大部门中出现的其他量都由这三个基本量纲组成，这一重要事实的运用，形成了自然科学中一个非常重要的研究方法，叫做“量纲分析”，它常常使我们能洞察事物的机理。例如：万有引力常数、质量、光速这三个量形不成一个没有量纲的数值，缺少一个长度，而这个长度就是一定质量的所谓“黑洞”的半径。然而，社会科学中的数量，与自然科学的三个基本量纲无关，说不上什么长度量纲、什么质量量纲，什么时间量纲，或它们的组合。因此从物质运动这个角度、这个着眼点，可以把自然科学这一大部门与其他大部门区别开来。也因为同一原因，我们应该把自然辩证法作为从自然科学通向马克思主义哲学的桥梁。

什么是社会科学的特征？社会科学是从什么着眼点，什么角度研究问题的？我以前提出过，从社会科学通往马克思主义哲学的桥梁是历史唯物主义。这就给我们启示：社会科学研究客观世界的着眼点或角度是人类社会的发展运动；社会的内部运动；也研究客观世界对人类社会发展运动的影响，如环境、生态、能源、资源等。人们也许要问，这样就不能说社会科学是以整个客观世界为研究对象的，人类社会只存在于地球上嘛！但，我们应该回顾一下，不就在短短的几百年前，我们还不知道地球呢，还以为社会只存在于天圆地方的一块小国土上呢！而且现在我们也知道太阳的活动影响我们的经济，因为它影响地球上的气候和地球上的无线电通讯。至于说将来，人类社会活动还会通过航天技术以及宇航技术的发展扩大到整个太阳系和太阳系以外，社会科学怎么不是研究整个客观世界呢？

所以可以说社会科学是从人类社会发展运动的着眼点或角度来研究整个客观世界的，从社会科学通往马克思主义哲学的桥梁是历史唯物主义。

二

现代科学技术不管是哪一个部门都离不开数学，离不开数学科学的一门或几门学科。所以数学科学是研究整个客观世界，这一点是容易理解的。我们要讨论的是：数学科学是从什么着眼点或角度研究整个客观世界的。胡世华同志已经有文

章[①]讲了这个问题，他说数学的哲学理论基础是质和量的对立统一，质和量的互变理论。那也可以说数学科学是从质和量对立统一、质和量互变的着眼点或角度去研究整个客观世界的。我同意这个看法。余下来的工作是进一步从数学科学的方法论、从数学科学的历史发展把这个概念深化、丰富其内容，使它成为一门学问，一个从数学科学通往马克思主义哲学的桥梁。胡世华同志已经做了工作，但他说[②]还要做下去。欧阳绛同志[③]也提出了这个问题，并且命名这门学问为数学学。这样，大家的看法集中起来了，构筑从数学科学到马克思主义哲学的桥梁现在就应该开始了。

三

关于系统科学，我在前文已经讲过：系统科学的特征是系统的观点，或说系统科学是从系统的着眼点或角度去看整个客观世界。所以，系统科学处理的问题有自然界的，如生物学中的有序化现象；也有社会的，如经济系统、法治系统等[④]。因为统一在系统的观点，所以，如果说系统论是从系统科学到马克思主义哲学的桥梁，那么系统观就是马克思主义哲学的组成部分。

自从提出思维科学后，引起了不少同志的关心和研究。由于这方面的基础工作还很差，只逻辑思维研究得透一些，因此一时大家的思想认识还难于统一。人的受意识控制的思维分为逻辑思维、形象思维和灵感思维这三种形式，是以思维内在不同规律来划分的。有的同志似乎把它们与思维过程的各种不同内容混淆了，提出还有情感思维作为一种艺术思维[⑤]。如果这样想，那就还可以提出“写作思维”、“科研思维”、“创造思维”……这一类思维实际是把人的三种思维活动运用于某一个方面的思维过程，每一个过程三种思维活动可能有其一，有其二，或三者兼而有之。所以情感思维不是思维科学的基础，是其应用，不宜与逻辑思维、形象思维和灵感思维并列。再一个问题是三种基本思维活动的名称也有些含混：逻辑思维也称抽象思维。而形象思维似乎是文艺工作同志更熟悉，而科学界不熟悉。科学家们更习惯于用直感（heuristic，或直观），也有用物理的（physical）一词，以别于逻

① 胡世华：《质和量的对立统一与数学》，《哲学研究》1979年1期，55～64页。

② 胡世华谈话。

③ 欧阳绛：《“数学学”初探》，中国自然辩证法研究会首届年会学术论文，1981年。

④ 钱学森：《大力发展系统工程，尽早建立系统科学的体系》，《光明日报》1979年11月10日，2版；又见《系统工程论文集》，科学出版社，1981年，1～7页。

⑤ 黄治正、杨安仑：《论情感思维——对于人类思维特别是艺术思维的一种设想》，《求索》1981年3期；又见《新华文摘》1981年10期，167～171页。

辑的、数学的（mathematical）。张光鉴同志①更提出“相似思维”这个词。其实根据我自己的实践，这几个词都指的是形象思维。至于灵感思维，其特征是突发性，似可用释家的语言“顿悟”。因此为了进一步讨论研究的方便，不妨称三种基本思维为抽象（逻辑）思维、形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维。

怎么能说思维科学是研究整个客观世界的呢？这是因为思维科学的目的在于了解人是怎样认识客观世界的，人在实践中得到的感觉信息是怎样在人的大脑中，存贮和加工处理成为人对客观世界的认识的。也因为这个原故思维联系到整个客观世界，而从思维科学到马克思主义哲学的桥梁就是认识论。当然，思维科学发展了，这里说的认识论也将大大发展深化，决不限于经典的认识论了。经典认识论没有概括关于人脑活动细节的知识，也因而没有新的、将要发展的思维科学的基础，停留在思辨的阶段，局限性比较大。例如：20世纪20年代发展起来的量子力学，虽然实验验证了它的正确性，但50多年来从经典认识论出发，却引起争论②，至今没有解决，以致H·Everett. B. S. Dewitt和N. Graham提出奇特的“多世界理论”③。这个问题看来要同思维科学的研究和认识论的新发展一起解决。

人体科学是一个既古老而又新颖的科学技术部门。说古老因为它的许多学科是早已建立了的，是有极其丰富的内容的，而且我们对整个人体科学的认识也来源于中国古老的传统，如中医理论和气功。还有现在有争论的人体特异功能，在我国近几年才受到重视。但人体科学又很新颖，因为发扬中国的古老传统，却使人体科学有了新的方向，也就是把人作为一个整体，把人放在整个宇宙中去研究，人要和宇宙联结在一起。这也就是新的人天观。天、日、月，整个宇宙都在影响人，而人体也能影响外界。所以人体科学是通过人体这个着眼点或角度去考察整个客观世界，不但不能把人体各组成部分隔离开来考察，也不能把人体和外界隔离开来考虑。人天观也会成为马克思主义哲学的组成部分，而从人体科学进一步发展综合提炼的“人天论”，就是从人体科学到马克思主义哲学的桥梁。

以上是对现代科学结构的看法，自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学和人体科学六大部门都各自认识整个客观世界，只不过从各自的着眼点或角度去考察：自然科学从物质运动，社会科学从人类社会发展运动，数学科学从量和质的对立统一、量和质的互变，系统科学从系统观，思维科学从认识论，人体科学从人天观。从不同着眼点或角度的考察，最后由各自的桥梁汇总到马克思主义哲

① 张光鉴：《试谈相似学》，《潜科学》1981年3期，第39页。

② F. Jammerr: “The philosophy of quantum mechanics” John Wiley & Sons，1974。

③ B.S. Dewitt和N. Graham: “The many-worlds interpretation of quantum mechanics” Prin—ceton University Press，1973。

学——人类认识的最高概括。所以只有马克思主义哲学才是科学的哲学；它当然要指导科学技术研究。现代科学也就这样形成一个紧密、坚实的统一体系，现代科学技术的体系。进一步研究这个体系就是科学技术体系学的任务。

这个看法，有没有道理？不应该进一步探讨吗？

选自《哲学研究》，1982年3月。

科技情报工作的科学技术

最近看到《陕西情报工作》1983年第1期有一篇很短的文章[①]，是祝贺我国两个刊物——《情报科学》和《情报学刊》创刊三周年的，它提出了这么一个问题：以前对于科技情报工作，我们主要是从工作的角度来看待的，就是有这样一件事情，有这么一项很重要的工作。但是我们没有从科学技术的角度来对待情报工作，没有把情报工作的科学技术问题作为一门学问来考虑。短文说，三年前《情报科学》和《情报学刊》创刊，才标志着科技情报工作作为一门科学，作为一门技术来看待。这些话是很有启发的。因为，我回想，差不多半个世纪以前，还是我当研究生的时代，那时候，我所依靠的无非是学校图书馆的管理员，要他帮助把期刊、书籍搞到手。情报工作在我的概念里几乎是没有的，不存在的。因为当时科技文献的数量还不算很大，我作一项研究也就是读有关的文献，好象不需要什么情报工作帮忙。后来，经过将近半个世纪的发展，情况发生了很大的变化。国防科委成立初期，聂荣臻同志就很重视情报工作，在1956年建立第五研究院的时候，就设置了情报研究机构。但是，现在回顾，当时我们所用的办法，我们对情报工作的概念，比起现在来是很原始的。从那时到现在有一个非常重要的变化，就是图书、期刊和其他资料的数量有了飞跃的增长，一个人想靠自己的力量去找齐有关文献是不大可能的了，与此同时，由于现代科学技术的发展，特别是电子计算机；电子技术的发展，情报工作的手段是大大地发展了。我曾经写过一篇文章[②]，主要是讲现代技术，特别是电子技术、电子计算机的发展对于情报工作今后发展的影响。但是，现在来看，我在那篇文章里所写的已是很不够了，特别是没有把科技情报工作作为一门科学技术来考虑。所以，在这篇文章里我想着重地讲讲情报工作，特别是科技情报工作，以及国防科技情报工作，作为一门科学技术来考虑的一些意见。

开宗明义，必须强调我们研究情报这一门科学技术，一定要用马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点、方法来做。或者换一句话说，我们必须用马克思主义的哲学来指导我们研究情报科学技术。为什么是这样呢？因为，从工作的开展、所使用的技术、取得的成绩来看，美国等发达国家比我们确实先进很多。那么，我们当然要学他们好的东西，但是也必须说清楚，就是在学他们的所长的时候，千万不要把他们的所短，把他们的错误也都学来。我们做这些工作的时候，脑子里要有

① 《陕西情报工作》，1（1983）4.

② 钱学森，《科技情报工作》，7（1979）1。

条弦，就是马克思列宁主义、毛泽东思想，就是马克思主义哲学，就是辩证唯物主义和历史唯物主义，不然的话，我们可能会好心办错事。

一

第一个问题，什么是情报？这个问题，在过去这几年，我们国内也有很多的议论，有各式各样的说法，在《情报学刊>9983年第1期上，有一篇黄耀煌写的文章[①]，关于情报定义的描述他就列举了三十七种说法，他举的第一个说法是这么讲的："情报总是一件事情，或者是一种知识，这内容对于有一部分人应该知道而还不知道，因而需要情报机构人员概括、组织、编纂、加工、评价，然后经过交流的工作，传递的工作，送到对象那里去。"还有一种讲法是："情报是意志、决策、部署、规划、行动所需要的知识和智慧。"还有的说情报是信息，等等。在同一篇文章里，还附录了构成情报的许多要素，一共有二十九个要素。譬如说，知识是要素，智慧是要素，传递、传播、报道是要素，系列化是要素，特定的需要是要素，反馈与预测是要素，新的知识是要素，使用价值也是要素，效用、分类性、什么客观的、可以接收和储存的、先进性、载体语言与符号、主观性、时间、杂伪、信息性、衰变性、不均匀性、相关性、随机性、增量的等等，一共有二十九个要素。这些提法，我觉得都有它对的一部分，我们可以很好地研究一下。我们能不能够把情报这个概念科学地明确一下？我现在试图提一个，看对不对？我理解，情报就是为了解决一个特定的问题所需要的知识。这里头包含了两个概念：一个就是它是知识，不是假的、乱猜的，应该是知识。再有一个，它是为特定的要求，也就是为特定的问题提出来的，所以，及时性和针对性是非常重要的，人家问的是这个问题，你回答的是另外一个问题，那当然不行。所以，我想把这么许多意见概括起来是不是可以说：情报就是为了解决一个特定的问题所需要的知识，要注意它的及时性和针对性这个要求。那么从这样一个概念出发，就要考虑考虑情报和知识是不是完全等同的。这就要求再深入一步，说明什么是知识？

有一个习惯的说法，情报是一种资源；现在还说人力资源。可是资源这两个字，怎么用法，值得斟酌。这不是一个随便的问题，资源指的是物质的自然资源，马克思在《哥达纲领批判》中是讲清楚了的。资源应该是物质的，是客观存在的，我们才去利用、开发这个资源。从这意义上讲，人是物质的，人也是客观存在的，所以说开发人力的资源，我觉得还是可以这么用。那么，知识是不是物质，我觉得知识、文化，似乎不能够把它看作是物质的东西。我们说知识，譬如说一本书是知

① 黄耀煌，《情报学刊》，1（1983）23；王万宗，同刊28页。

识，我们决不是说是印这本书的那些纸和这本书上印的那些油墨，我们不是指这个，这是物质的；我们是指这本书里面所包含的人认识客观世界的一些信息，或者思想。那么，这是不是物质，这是唯物主义或唯心主义的大问题。我觉得这样一个问题应该慎重地研究。因为现在西方的哲学界里有各式各样的议论，很混乱。为了避免混乱，我认为知识，文化应该用另外一个更概括性的词，把它总括起来，应当用“精神财富”这样一个词[①]。

我们知道，人认识客观世界的成果，是从有了语言文字以来，已经长期不限于认识个体自己所有了，它是公之于集体的，传之于后代的，也就是成了公有的知识文化的财富。这就是我们讲的精神财富。如果再进一步明确一点的话，那就是精神财富必然受创造它的人的主观意识的影响。封建主有他看问题、分析问题的立场和观点，资本家有他看问题、分析问题的立场和观点，他们都有局限性。当然，在认识客观世界，也就是认识社会和认识自然的不同范畴里面，这种局限性的表现形式和它的程度是有所不同的。但从总体上来看，人的主观意识，阶级倾向，对精神财富的影响，那是不可否认的。在我们国家，精神财富必须是促进社会主义建设的，有利于社会主义文明的。所以，说得更准确一些，在我们国家，精神财富要加一个限制词，就叫社会主义的精神财富。再有一点，就是精神财富不是哪一个人能够独立创造出来的。我们现在有的财富，那是上下几千年全人类的劳动结果，今天任何一个人如果还想对这个财富增加一点点的东西，他也必须首先有知识，有文化。这就是说，今天作为一个认识主体，来认识客观世界，那么，打交道的还不光是客观世界，我们一开始就要同精神财富打交道。这样说来，我们似乎对经典的哲学应该加一点补充，就是人认识客观世界的过程中间，起作用的有三个方面：第一个是人，这是认识主体，第二个是客观世界，这是认识的对象；还有第三个，就是精神财富，那是全人类所创造的认识客观世界的工具。

我们说三个方面，但是必须明确，客观世界，也就是物质，这是第一性的。起认识作用的人的意识，也就是精神，这是大脑的产品，或者说，是大脑这一物质的活动的一个表现。所以，意识或者精神，是第二性的，因为它也是物质的大脑所产生的。那么这里的第三个，精神财富，那是人类创造的，反映了人对客观世界的认识，这个当然也是第二性的。这个说法比起经典的马克思主义哲学有了一点儿发展，就是客观世界和作为认识主体的人之外，加了一个精神财富这样一个不同于这两个东西的第三个东西。但是，马克思主义哲学的根本原理没有变，物质是第一性的，精神是第二性的。

我这样一种说法，一方面是吸取了一点新的东西，这新的东西就是英国的哲学

① 钱学森，《中国社会科学》；6（1982）89。

家，或者叫科学哲学家卡尔·波普尔的一些说法，但是也批评了、反对了卡尔·波普尔的二元论的说法。波普尔很出名，英国还封了他爵士。他对于现代科学有些看法，提出了三个世界的理论。在他这三个世界的理论里头，强调了精神财富这个领域，这一点是对的。但是在他看来，这三个世界都是等同的，独立的，世界1就是客观世界，世界2就是精神世界，世界3就是知识世界，而且他强调这三个世界都可以独立地发展，这就搞乱了。

特别让人家很难接受的就是说这个知识世界，它自己有独立性，自己可以自由自在地在那儿发展。这是十分荒谬的了。知识是人去创造的嘛，知识怎么能独立自主地在那儿发展呢！所以，波普尔实际上是陷入了哲学二元论。这在资本主义国家的这些哲学家是不能理解的，因为他们没有马克思主义哲学，不懂得辩证唯物主义。我说这一段话的意思就是要强调这个知识的领域，也就是精神财富。精神财富不是物质，它是人的意识、人的精神在认识客观世界过程当中所创造的东西。我的意见就是把情报说成是资源这好像不大妥当，因为情报不是物质的。我们应该说情报是一种特别的精神财富，是一种特别的知识。

那么这个特别，特别在哪儿？我觉得说特别，是不是可以用这么一个词，就是情报是激活了、活化了的知识，是激活了、活化了的精神财富。那么，什么叫活化了、激活了呢？我觉得，回答这个问题就在于我们要给情报下个定义；．情报一方面是知识，另一方面，对情报有个要求，就是它要针对某一问题，有及时性、针对性的需要，这是情报的一个非常重要的因素。在过去这两三年的讨论中，对这个问题也是反反复复提到的，那么刚才我把它概括起来，提了一个对情报的定义，这里头就强调一是知识，二是它有及时性、针对性。及时性、针对性就是说它不是一般的知识，而是针对某一问题，你要把它提出来，这一提就是激活了，活化了。我们常常说情报资料，我看现在要把情报和资料分开，情报之所以能产生，离不开资料，但是资料不等于情报。我们的这个工作领域是包括资料的，但是，情报还要经过一个活化、激活的过程，也就是说，僵死的资料不是情报，情报是激活了、活化了的知识，或者精神财富，或者说利用资料提取出来的活的东西。

二

我们为了取得情报，就必须积累资料，所以，我们说，情报事业或者叫情报工作当然要包括资料、图书、档案等等这些方面的搜集工作。那么从整个过程来看，我想是不是包括这么四个方面的工作：第一，因为你要提供及时的、准确的、有针对性的情报，这些情报又是从你的资料库里面提出来的，你怎么去搜集你的资料，

你怎么去建立你的资料库，你就需要预测社会的发展。比如，在国防科研和国防工业的领域里，就要预测国防科学技术会怎样发展，有针对性地去搜集资料。这是做准备工作，不要等到有人来问，要提供某一个情报，措手不及。要预测需求，然后按着这个需求去搜集资料。第二，还要向需要情报的用户，介绍你库存资料的范围和情况，这就叫宣传介绍工作。假如有人有问题想找你，可还不知道你这儿有这个资料，他当然不会找你了。所以有了资料库，还要介绍这个资料库的内容。第三，一个很大的工程就是检索的体系，情报资料检索的技术体系要搞起来。因为这些资料、情报都是浩如烟海的，老办法是不行了，必须用新的科学办法，这就是科学的、现代化的检索系统。第四，当用户需要的时候，你能够提供正确的而不是错误的，科学的而不是乱七八糟的情报，同时又要有针对性、及时性。这样的情报要求不一定正好和你库存的项目相符，也就是说，从资料、从知识变成有用的情报，还需要加工。这就叫情报分析工作，或者叫情报研究工作。

情报工作分得细一点，就划成四方面的工作。如果概括一点，无非就是两大方面的工作：一个就是把资料收集起来，建立资料库，建立检索系统，以便于使用；再一个方面，就是把这些资料活化、激活了以后，变成情报。这就需要分析、研究，提供。当然，这两个方面是相互影响的。刚才讲的那四个方面，就讲到了相互的影响。你搜集资料，首先你就得想一想，将来谁是你的用户，他会要什么东西。再一个要向用户宣传，你存了什么宝贝，他好来请教你。

我们今天应该把上面说的四项工作或者两个领域，作为一门科学技术来研究，我们的国防科技情报工作再也不能像以前那样，仅仅看作是一项工作，而应该把它考虑为一门科学技术，这一点我要强调。以前，我们对组织管理就仅仅看成是一项工作，而不看成是一门学问，管理嘛，“办”就是了，因此也就没有去建立和发展组织管理的科学技术，更没有去培养组织管理的专门人才。到现在，我国的科学技术落后于发达国家，而组织管理尤其落后，这是个教训。科技情报工作不能再重复这个失误，一定要把它看成是一门科学技术。现在要把这门科学搞好，要在我们中华人民共和国建立这一门科学技术。

三

总的任务明确了，现在具体地说有一些什么科技领域要研究。你要搞情报，你就离不开资料、知识，离不开积累知识，要把科技知识积累起来。所以，第一项科学技术，就是收集，翻译以至于出版工具书这一类工作的科学技术。以前对这方面的工作总认为没有什么可研究的，收集就是收集，翻译就是翻译，编辑工具书就是

编辑一下就是了。这还有什么科学技术？！我觉得以前的考虑是不够的，收集资料实际上是一门科学技术，是要好好下功夫研究的。

这主要是因为收集的对象是十分复杂的，就以图书资料来说，它包括出版公司和出版社出版的书籍，个人印行的书籍，国家机关印发出版的书籍，报告和文件，各学术团体编辑出版的定期刊物，出版公司、出版社出版的定期刊物，还有许多不定期的刊物。在我们国家和其他国家也还有学校出版的学报等刊物。我们要做好资料的收集工作，首先要对这么庞大而又是多种文字的图书资料有一个比较清晰的了解：每一家出版公司，出版社的特点，出什么种类的书刊，质量如何，国家机关书刊的性质和种类，学术刊物的权威性如何，是严肃的还是流行争议性的，等等。搞清这些问题是一种专门的学问，是图书馆学的一部分。同时，图书资料的情况又不是一成不变的，出版单位在变，老的可能退出，新的不断出现，学术刊物的增长变化也是不断的。所以这门学问又是研究在运动变化中的学问。在我国有一些在大图书馆工作多年的老馆员，从实践中积累了这方面的丰富知识，是十分可贵的。

研究这门学问，也许可以叫做“资料学”吧，当然也要靠另一些资料，如书刊的广告，出版物的订购订阅单，出版通知，学术会议的消息，书籍的评论介绍，以及专门的书籍和期刊文章评论刊物。这些资料本身又是千头万绪的，我们应该把其中的概况和比较稳定的部分整理出来，编写成工具书，作为资料学的一个基础。

资料收集的又一个方面，是通过国际学术交往，对象是人，从科学技术资料来说，就是世界的科学家、工程师和专家们。这是活的对象，比起上面讲的图书资料来，更难研究。当然各国都出版一些名人录，大的学术组织也出版会员录，还有其他各种各样的人物志等。但是作为资料收集的对象，对一个人、对一位科学家、一位工程师、一位专家的了解不能停止于上述的文字传记式材料，我们还要了解每一个人的脾气、工作喜好和生活习惯。这些又涉及到社会风尚，社会关系，心理学等领域的学问。此外语言是人和人交往的工具，如果不能用工作对象自己的语言和他交谈，是无法形成和谐的气氛的。我们以前在这方面下的功夫是很不够的，也没有编写必要的工具书。今后一定要在这个领域内认真努力，为开展国际间的科学技术交流创造一个新局面。

四

下面谈谈情报资料档案、图书、刊物的存贮检索技术。需要强调的是我们做科技情报工作的同志要抓这件事，但这项科学技术是很广泛的。比如电子计算机，我们不能代替国家研制电子计算机技术，发展电子计算机的技术队伍，但我们要把要

求反映清楚，希望他们的工作和我们配合起来。比如，英语或者外语的全套资料的存贮和检索，可以利用外国已经建立起来的系统，我们可以“坐享其成”。但也有个问题，他们的系统也是很复杂的，花样很多，我们在引进这些技术的时候要有我们的规格，不要弄乱了．至于汉语的体系，要建立我们自己的，国外也在搞，但没搞出来。我们国家最近搞出一些成果，已经做了不少工作，国防科工委也开过几次会，领导很重视，但还要继续努力，进一步完善。

再一个是存贮技术和检索技术，这正在一步步发展。最古老的当然是印刷了，然后发展到显微胶卷，发展到磁带，现在还要进一步发展。比如用激光判读的码盘，在一面码盘上可以刻上只有头发丝五十分之一那么宽的小坑，一共二百五十亿个，就用它来存贮信息，因为激光束判读时不会磨损盘表面，因此使用寿命很长，比磁带长得多。激光码盘原是为了录象而发展起来的，已有十年历史了，现在因磁带录象已占据了市场，要另找出路，才发现资料信息存贮这个应用①，现在看来激光存贮将成为资料存储的很好手段。再有就是全息激光技术，用全息图来贮存信息，我国也有人在搞，也是很有希望的技术。

所有这一些，涉及到的专业面是很广的，我们搞科技情报工作要靠别人来协作，任务是委托出去。但是，这方面工作的规划、计划还要我们来抓。我们对于需要、目的要比较明确，而且要用一种长远的眼光来看这个问题。这些技术不是一下子能够取得的，需要一段时间，这就要列入规划，一步一步地搞，若干年后，正是我们需要的时候，它这个技术出来了，那就正好。

关于存贮检索技术，因为大家已比较注意，各方面也已做了不少工作，我就不再在这里细说了。但结合存贮检索技术，应该提出建立情报资料信息网中的一项重点建设：通信线路的问题。在情报资料信息网里，信息流通是根本，而我们现在通信线路还有空白点，就是有线路的地方，容量也远不能满足需要，可靠性也差。这些问题不解决，网就是空话。当然这里面也有技术问题，但更多的是组织计划问题，所以说是重点建设。

五

现在讲讲第三个方面的情报科学技术，即情报分析或情报研究。既然说情报是激活了的知识，或者精神财富，那么怎么激活？这有一个了解用户需要的问题。有了这个需要，题目出来了，就有一个怎么能从浩如烟海的资料库里面把情报提取出来的问题，怎么让它变活，我们以前在这方面做的工作还很不够。我稍微知道一点

① B. Fox, New Scientist, V01. 96, p. 150 (21 Oct. 1982).

国防科工委的情报研究所的工作。他们在这个方面开展了一些工作，因为原来的国防科委要求我们情报所提供一些战略发展方面的情报，他们不能只找一篇资料翻译出来就行啦，而是要查找很多资料，才能看到发展趋向。但这方面的工作，做得还不多，用的方法也比较简单，看十篇、二十篇东西，然后把它综合一下，这还不是现在国外所说的情报分析研究工作。高级一点的情报研究工作，实际上是一个综合的技术。这种综合技术要用系统科学和系统工程的方法。下面举几个实例来说明。

先说希特勒追查泄密事件的例子①。这是1935年，正当法西斯德国的战争机器开始加速运转的时候，有一个名字叫雅各布的德国新闻记者，出版了一本小册子，书中具体地记载了当时正在重新武装的德军情况，其中包括德军的组织机构，参谋部的人员分布、各个军区的情况，并且列举了一百六十八名指挥员的姓名和他们的简历。这么一个文件，希特勒知道以后就大发雷霆，说谁泄的密，责令追查。后来，德国的情报部把雅各布从英国骗到德国，审讯他，雅各布说，他这本小册子里说的每一件事情都是德国公开的报纸上登过的。而且把证据都拿出来，说他上面写的什么，这个资料哪儿来的，是哪年哪月哪日什么报上哪一条讲的。审完以后证明，所有这些东西都是公开报纸上讲的，没有什么秘密的渠道。所以，这件案子也只好不了了之。我觉得这件事情，就是我上面所说的综合。这个综合就是把所存的材料拼拼凑凑，点点滴滴给它加起来。但是，有一个重要的内容、因素，就是拼这些东西得有一个框架，有个模型。拣了东西往这儿放上一点，往那儿放上一点，你知道往哪儿放。

再如，在普法战争的时候，马克思在伦敦，恩格斯在曼彻斯特，恩格斯常常写关于战争发展的文章[7]。有一次他预见，过两天就要发生一场战争，对这个仗大概怎么打，而且最后胜负是怎么一个情况，都已预见到。他写了一篇文章，用快邮寄给马克思，告诉马克思收到这个东西以后，马上交给伦敦的《派尔—麦尔新闻》编辑部。为了争取时间，马克思坐马车到编辑部，把稿件给了编辑部，编辑部很重视，第二天早上登出来了，而这场战争后来打起来了，战争的结果，与恩格斯的预见完全一致。那么，恩格斯是不是有什么特殊的渠道呢？没有。但是恩格斯掌握了马克思主义的哲学，辩证唯物主义和历史唯物主义、马克思主义的军事学。所以他听到那些事，把它往这个框架里一搁，整个的情况就出来啦。

情报的分析工作，靠一个模型。我举这几个例子，都说明有了模型以后，你再把搜集到的点滴的资料输入到这个模型里去，这个全貌就出来了。有同志会说，那你得有一个模型，假设没有这个模型，怎么办？即使没有这样一个模型，现在系统工程、系统科学的方法也告诉我们还是有办法的。第一，首先是定性的，所谓系

① 田新建，《国防科技情报工作》，6（1982）15。

统分析这个办法就是把搜集来的这一些数据，可以经过系统分析，摸清它的趋向性的、定性的一些东西。在这个基础上，还有在系统工程中最近十年发展起来的“系统辨识”方法。比如说，你对这个系统不知道，里面关系是什么不清楚，但是你有很多数据，有这个系统的输入和输出数据，你就可以用一套科学的方法去凑，最后，这个系统本身的结构就能凑出来，这就是“系统辨识”。甚至在更困难的情况下，不知道系统的输入数据，只知道输出，不知道这个黑箱子是怎么回事，我们还可以用系统辨识对这个黑箱子的内容猜个八九不离十。那么黑箱的内容一出来以后，猜得差不多了，再把那些数据综合在一起，整个的东西就清楚了；所以如果有一个模型，这个事情好办，假设没有模型也可以办，因为有现代的系统工程或者系统科学的方法，首先是系统分析可以定性，然后进一步用系统辨识，还可以定量。所以情报的分析，这一门科学技术也是大有可为的。不是说现在没有门道。国外正大量应用系统科学的方法，最近看到一个材料，美国跟苏联的克格勃作斗争，发现怀疑对象很多，但是，完全靠这个人的一、两件事情，又定不下性质，下不了决心。处于这么一个状态，美国就搞了一个模型，把模型输入计算机。因为这些克格勃的活动都是相互关联的，所以，把所有的观察到的点点滴滴可疑点都输进去，再用电子计算机进行系统辨识，这么一来，结果是真相大白，一个个克格勃是怎么回事就清楚了。然后把几个特别清楚的，下决心驱逐出境。这件事，我想用的就是这套办法。

上面介绍的是情报科学技术的第三个方面，情报分析研究的科学技术，也可以说是生产情报的科学技术。这是一门重要的科学技术，我们要在这方面作出努力。

六

总起来讲，情报的科学技术里面第一个问题就是关于情报的搜集，这个我们要下功夫作为一门科学技术来研究，第二个问题就是建立情报贮存、检索体系，这要作为科学技术来研究，我们要抓，要靠全国协作；第三个就是情报分析的科学技术。这个我只说一下，这不是完全新的，不是一点基础都没有的，确实是有基础的，历史的实践有基础，现在系统科学的发展，系统工程的发展，也给我们提供了许多方法。所以，就讲这么三个方面的科学技术。当然，只讲这三个方面可能很不全，仅仅是抛砖引玉。“玉”是要大家来研究，才能得到的。但是，我想说明这么一个问题；我们现在对于科技情报工作的认识，应该是大大不同于十年前、二十年前的认识，如果那时候我们还是把科技情报工作看作是一件事情，一个工作要办，那么，现在我们必须认识到要做好这件工作，首先要研究科技情报工作本身的科学

技术。

这是一门学问，它的影响将是很大的，它关系到我们社会主义物质文明和精神文明的建设。我们应该把情报工作看作是创造精神财富的事业中很重要的一个方面，是一件大事情。我们从前讲的一句话："秀才不出门，能知天下事。"他也是靠情报、靠信息吧。现在，我们确实能够做到，那就是靠我们的情报体系或者叫情报信息这么一个体系。我们每一个人都在这个体系里头，每天也不能离开它，就象人不能离开空气一样。同志们！我们不是说大气层或者叫大气圈吗？它上面是对流层，再上去有同温层，再上去，地球外边有"磁圈'。国外有人利用了这个比喻，造了一个字，叫Noosphere，sphere就是"圈"或'层"的意思；noo，来源于希腊文，是"知识"、"信息"的意思。就是每个人在这么一个层里边。这个"层'是什么构成的呢？就是情报信息、知识、文化这么一个领域。所以，我觉得我们说的这个事要放远来看，要看到将来会是什么样子，那就是我们这个情报知识、信息体系，简直可以包括全部人类几千年来所创造的，而且还在不断地创造着的精神财富。而且这个全部的精神财富都可以由我们每一个人随手调用和享受，因为都通了嘛，谁都有一个终端嘛！倘若能这样，我们就不但能从旧的脑力劳动中解放出来，而且我们将获得一个伟大的新的世界，从来没有的高度文化的新的世界。我们的脑子不要花在记忆上啦，我们的脑子还可以干别的，也就是从繁重的记忆劳动中解放出来，把智慧集中到整理全人类的知识。全面考察，融汇贯通，从而能够创造更多更高的脑力劳动的成果，也就是人变得更聪明了，人类前进的步伐将会更快了。这几句话我是在1979年的那篇文章①里讲的。总之，我们要看得远些，要看到这么一个前景。

七

现在再结合国防科学技术情报工作讲几点看法。国防科学技术情报是用来为我国国防事业服务的。国防事业包括研究、设计、试验、试验定型、批量生产、部队使用、作战等各个方面的科学技术。当然，现在我们各工业部还有民品，这也很重要。现在国防科学技术是越来越重要了，因此，科学技术情报工作也就越来越重要了。这就提出来一个问题，就是国防科技情报工作和一般的科技情报工作相比有没有特性？这个问题同志们也在研究②，在我们研究情报科学技术时，要注意到这些特点。对这个问题，我没有研究，不多说了，但是，我们在研究特点的时候，也要

① 敬思，《哲学研究》，12（1980）29～34.

② 《国防科技情报工作》，2（1983）6，7。

注意到国防科技情报工作也是国家科技情报工作的一部分，我们和国家的科技情报工作有千丝万缕的联系，在强调我们特点的同时，也要注意到我们和全国的联系。

我们现在还要研究规划问题，我也提一点这方面的看法。我国国防科技情报队伍人数确实不少，但是，我看这不能单纯地说是多了还是少了的问题。如果我们二十个人里，有一个人搞科技情报工作，那是不是多了呢？我们知道，美国人的情报工作是走在前面的，他们搞情报工作的就有一百六十万，这个数字是1980年统计的数字”[8]。我们且不说它那整个搞情报资料工作的，就说这一百六十万的十分之一，那也是十六万哪。所以，这个问题不在于说我们人是多了还是少了，我们要研究的不在这方面，而首先要看，根据党中央、国务院、中央军委的指示，要实现国防现代化，国防科技情报工作到底应该是怎样一个规模。当然也要看到，现在这个队伍里面没有充分发挥每个成员的积极性和才能，内部比例失调也是有的，是不是这一方面多一些，那一方面少一些，有的方面我们还根本没有做工作。例如在美国，在情报工作人员中专搞情报理论研究的就占人员总数的近千分之十三，而我们呢，几乎没有人专门搞情报理论研究，这就是一个问题。所以我们要制订规划，首先要研究情报科学技术这门学问，特别要研究国防科技情报工作这门科学技术的学问。

在开始研究这门学问的时候，我们千万不要一想就想到我们自己的那一块，而要讲究系统，讲究整体地看问题。人们常说，只见树木不见森林，那是要迷失道路的。所以，我建议大家在研究这个问题的时候要考虑上面讲的那些问题对不对。比如说什么是情报，情报和知识，和精神财富的关系，情报事业在整个精神财富的创造事业中占什么位置，等等。我曾经提过一个词，在我们社会主义国家应该研究创造精神财富的社会的科学，我把它叫做“文化学”，它包括整个教育、科学研究，但是，在“文化学”的领域里，情报科学也是很重要的组成部分。再有，我们千万不要轻视基础理论和有关的哲学问题，比如客观世界是物质的，是第一性的。其他都是第二性的。第二性的并不是不重要的，人的意识和思维是第二性的，又是由它去认识客观世界、创造出人类的精神财富，知识，文化。这样的问题，也值得研究，也要考虑，这就是思维科学方面的问题。我是把情报这个领域作为思维科学里面的一部分来考虑的①。因为情报最主要和人的意识、思维交互作用，如果人没法用，那就不叫情报了。所以思维、意识和电子计算机的相互作用，这是思维科学需要研究的，是人工智能需要研究的，也是我们要研究的问题。最后，所有这些工作都涉及到系统工程科学的问题，我们要建立一个很好的国防科技情报工作的体系，这就是一个系统工程的问题。所以我们在研究情报科学技术的同时，不要只研究情

① 钱学森，《自然杂志》，8（1983）。

报科学本身，还要更广一点，这样我们才能把问题吃透。因此，我建议，要在我们这个队伍里加强学术活动，也就是要研究情报的科学技术问题，要把它作为一门科学技术来研究。中国科技情报学会国防科技情报专业组的活动要加强，任务就是在我们国防科技情报队伍当中，研究情报的科学技术问题。

我们要在国防科技情报工作这门学问上下点功夫，我们能不能用两年的时间，大家齐心协力，在国防科技情报科学上下功夫。在研究这门科学时，要用马克思列宁主义、毛泽东思想的立场、观点、方法，要用马克思主义哲学来指导。要结合我们国防科学技术、工业以及部队等实际情况来考虑我们的工作到底应该怎么做，也就是"七五"规划。如果我们"七五"规划真正做的是科学的规划，是符合普遍规律的，是符合中国实际情况的，那么在"七五"期间，就可以把步子迈大一点，把我们国防科技情报工作的体系搞起来。这样做是符合中央总的要求的：在九十年代我们要有一个大的发展，迎接二十一世纪。

（1983年7月2日）

选自钱学森主编《关于思维科学》，第426～444页，上海人民出版社，1986年7月第1版。

关于思维科学

已经是几年前了，我写了两篇涉及思维科学的东西[1]，本来是探讨在现代科学技术的体系结构[2]中有无思维科学这样一个平行于自然科学技术、社会科学技术等大部门的科学技术部门。后来我又多次同中国科学院学部委员、计算技术研究所研究员胡世华同志和上海华东师范大学心理学系胡寄南教授讨论过这个问题，还有许多热心同志和我书信往来或面谈过思维科学的研究。他们的见解对我都有启发、有教益，使我对思维科学的认识有些发展，有些调整。为了向大家报告我学习的情况，我写了这篇文字，请大家批评指正。

一

我想首先要说清的问题是：能不能和有没有必要建立思维科学这个科学技术大部门。关于这个问题的第一部分，能不能的问题，实际是问人的思维有没有规律。如果没有规律那当然不能建立关于思维的科学。从广泛的意义上讲，从唯物主义的思想讲，思维当然有规律，因为思维也是一种客观现象，而一切客观的东西及其运动都有自己的规律，思维当然也不例外。但我们还宜再深入地研究一下这个问题，这又可以分两个方面来讲。

我们可以先从思维是人的中枢神经系统，特别是大脑受外界各种刺激而引起的这一点看。外界各种刺激又是客观世界变化和运动的产物；这些变化和运动是遵循客观世界规律的，即自然界的规律和社会的规律，所以外界各种刺激也是有它们自己的规律，而不是无缘无故、无章可循的。这样，人的中枢神经系统、大脑的活动也就当然要有规律，人的思维要有规律。也许有人会问：外界各种刺激有规律，就准能说人的思维有规律吗？人脑会不会“别出心裁”？或说因人而异，人与人完全不同？这就是又深入一步到答案的第二个方面了：虽然每一个人的脑子在结构和功能方面不见得一模一样，不然就成了机器人，不是活人、真人了。但是人脑毕竟是亿万年生物进化的结果，遗传是起作用的，从根本上说人脑的结构是完全相同的，人脑受相同的生活经验或相同的社会实践所引起的适应、发展和调整也是相同的，

① 见《哲学研究》1980年第4期，第47页；《自然杂志》1981年第4期，第3页。

② 见《哲学研究》1982年第3期，第19页。

这就从人脑的微观结构方面保证了人的思维的规律性。

当然，不是绝对没有例外。社会上还有由各种不幸造成的病人——疯子，但疯人的脑子也是物质构成的，他们的思维可能不同于常人，可是也一定有它自己的规律，那是精神病的学问了。

以上讲了思维是有规律的，这实际早就是辩证唯物主义结论之一。研究这部分客观规律的学问，思维科学是可以成立的，不管什么种类的思维都不例外。什么“神灵感应”？没有的事！还是人脑的功能，叫“人灵感应”吧。

现在再来讲有没有必要建立思维科学这个科学技术大部门。这里的一个基本道理是现代科学技术已经发展成为学科林立，分工越来越细，但又同时相互关系密切，形成一个整体。是整体就不能不研究整体中的结构、学科之间的联系和相互关系。是整体，就是一个系统，而系统一定有清晰的层次和部门性的分系统。所以我们研究现代科学技术的体系结构就要注意找出其中横向的层次和纵向的部门分系统，不然就认不清其中梗概；而如果连体系的梗概都没弄清，又怎么能真正理解学科之间的相互关系呢？这也是我不太满意有些评述现代科学技术体系的论文的原因，它们把学科之间的关系搞得很乱，体现不了事物本来具有的结构。我所建议的纵向分法已经在以前阐述过，即分为自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学和思维科学六大部门，理由已经说过，不再在此重复。

这里我想讲一讲横向层次的划分。我们作这种划分的原则是：由于人认识客观世界是为了改造客观世界，我们划分层次可以按照是直接改造客观世界，还是比较间接地联系到改造客观世界来划分。其实这种分层法早已在自然科学的近一百多年的实践中逐渐形成。因此也是经验的总结，不是凭空的臆想。在自然科学中，最先形成是理论的层次，即基础科学。至于直接改造客观世界的工程技术，先是作为工艺，不作为科学的；是大约在十九世纪末、二十世纪初才成为科学，在高等院校中讲授了。至于介乎基础科学和工程技术之间的技术科学，它一方面是基础科学的应用，一方面又是不止一门工程技术的理论基础，形成得更晚一些，大约在本世纪二、三十年代[1]。我认为这种层次划分是有道理的，是普遍适用的，六个大部门都分基础科学、技术科学和工程技术三个层次。三个层次之上，作为人认识客观世界的最高概括，当然应是马克思主义哲学。

总的来说，以上就是现代科学技术的体系结构，其中思维科学是作为一个部门和其他部门并列的，它也说明思维科学内部层次的划分，以及与马克思主义哲学的关系。思维科学作为一个部门这样建立起来了，就可以明确上下左右的联系，有利

① 见《科学通报》1957年第4期，第97页。

于思维科学内部各学科相互借鉴，促进其发展。这就是建立思维科学这样一个现代科学技术部门的必要性。

二

开宗明义，思维科学只研究思维的规律和方法，不研究思维的内容，内容是其他科学技术部门的事。现在我来谈谈思维科学这个现代科学技术分系统的具体构筑问题。

我曾经讲过，思维科学的基础科学是研究人有意识思维的规律的科学，可以称之为思维学。胡思乱想，不在思维学之内。又因为这种有意识的思维，除抽象（逻辑）思维之外，还有形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维，所以思维学又可以细分为抽象（逻辑）思维学、形象（直感）思维学和灵感（顿悟）思维学三个组成部分。我还说思维学作为思维科学的基础科学之上，上升到一切人类知识最高科学概括的马克思主义哲学要通过一架桥梁，即认识论。我又以为思维学中只有抽象思维研究得比较深，已经有比较成熟的逻辑学，而形象思维和灵感思维还没有认真研究，提不出什么科学的学问。这些意见说得过于简括，有些同志有意见，但似乎是出于误解，所以现在要加点说明：

首先是逻辑学的涵义的问题，它是把抽象（逻辑）思维的规律形成一门严密的理论学科，如同数理逻辑。数理逻辑是我说的抽象思维学的一部分和模型。说一部分的意思是，因为数理逻辑集中研究数学科学里的逻辑问题，还不是全部抽象思维，而且数理逻辑比较集中于形式逻辑，尽管像哥德尔（K. Gödel）的不完备性定理好像在突破形式逻辑，进入到辩证逻辑。说模型的涵义是讲其严密的理论性，够得上基础科学的要求。这样也就解释了我为什么说，形象思维和灵感思维的研究还未达到科学的要求，虽然不精确的描述和思辨性的议论是非常之多的，但不够严格。当然，我们也不能就这样说形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维本身就比抽象（逻辑）思维低一等，我以为这两种思维的客观存在和重要性是不必怀疑的，而怀疑的人可能是由于缺乏亲身体会而已。

我用了逻辑学这个词，又引起一些哲学家们去联想到哲学里面的逻辑和逻辑学，例如黑格尔的《大逻辑》和《小逻辑》等书。也因此以为我混淆了马克思主义哲学和思维学，要把辩证唯物主义拖下最高理论概括的阶层，而且违背了列宁的教导：“逻辑、辩证法和唯物主义的认识论是一个东西”，等等。我想为了避免不必要的麻烦，还是把思维科学的基础科学的一部分，抽象思维部分，称作为抽象思维

学或主观逻辑，因为是人脑子里的思维逻辑。而辩证法还是辩证法，不要称作为逻辑；一定要称逻辑，也是客观逻辑，因为是客观事物的规律。拉开一点距离，以免搅在一起。但拉开并不等于无关，怎么会无关呢？马克思主义哲学、辩证唯物主义是指导一切科学研究，联系一切科学研究的嘛。

至于认识论这个词，我以为混乱少些，因为列宁的话是有针对性的，不宜断章取义；我们的哲学家也不会把马克思主义哲学和认识论等同起来。我不过联系到思维科学，把认识论作为桥梁，也还是马克思主义哲学的结构的一个组成部分①。这样做的理由是：思维科学的目的在于研究人认识客观世界的规律和方法。也因此我现在建议思维科学的一个别名是“认识科学”，英文的cognitive science。当然国外所说认识科学的范围比这里讲的要窄，但仍不妨用这个英文词，但扩大其涵义。

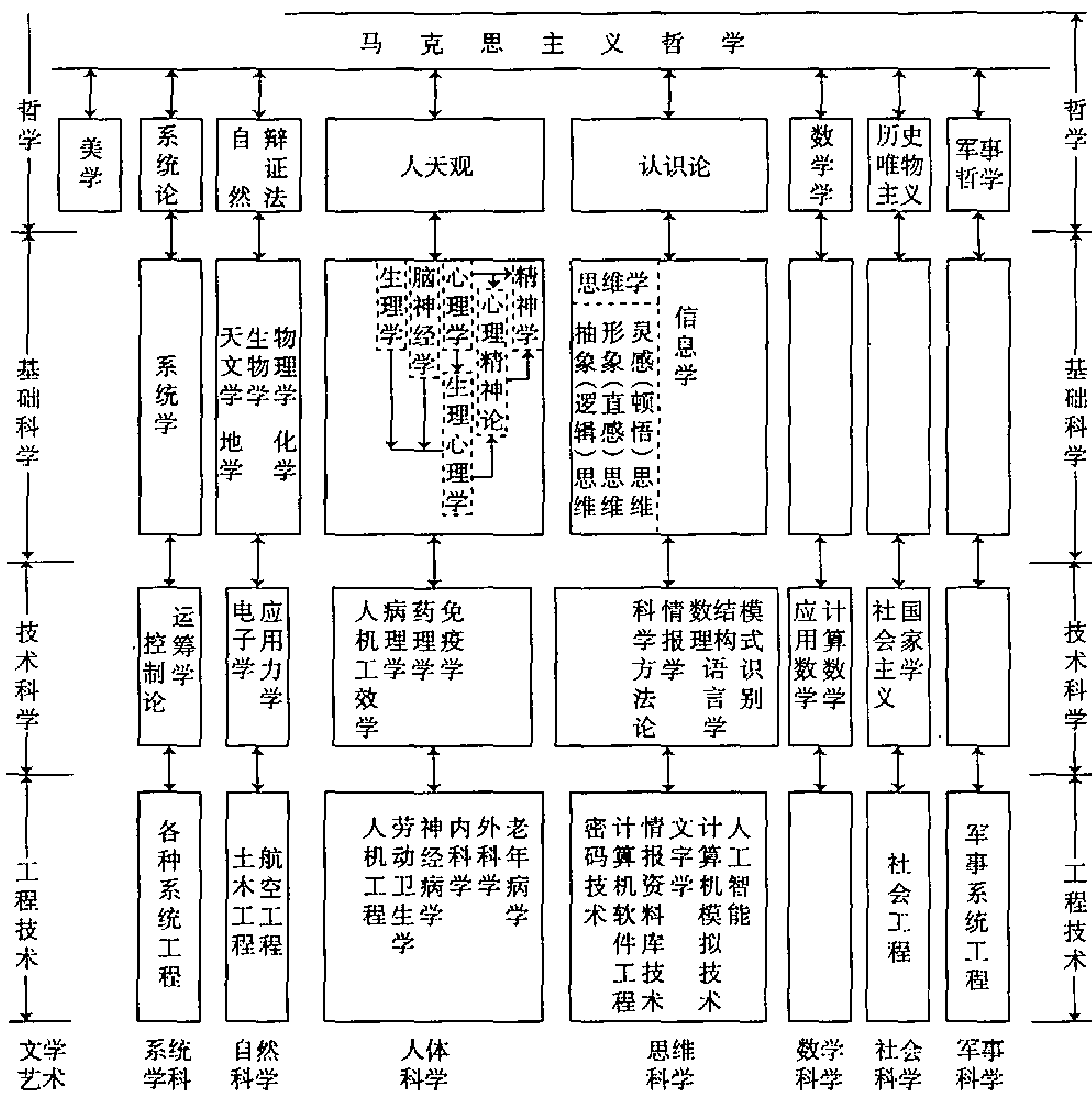
再一个有关思维科学分系统的结构问题是意识和大脑的问题，因为思维是意识的一部分。对这个问题，我以前为了强调思维的物质基础，在联系思维科学时讲到大脑的结构和功能，因而也好像研究人脑的功能也成了思维科学的一部分工作了。在这里我要纠正这个印象。我现在认为研究人脑的功能是人体科学（一个思维科学的紧邻）的事，不能把比思维更广泛的意识放到思维科学部门中来探讨。为什么呢？由于现代脑神经学的迅速发展，意识的真象已逐渐被揭示出来，按一九八一年诺贝尔奖金获得者美国脑神经学家斯佩雷（R. Sperry）②的看法，意识或精神是人的中枢神经系统，特别是人脑的最高层活动③，而人脑的基层活动是由于受外界刺激后的神经系统活动所引起的。这样生理学和神经学结合成为心理学的理论基础，生理心理学（physiological psychology）。生理心理学和脑神经学的进一步升华，就会产生阐明人脑高层次活动的心理精神论（psychological mentalics），最后到研究意识和精神活动的精神学（mentalics）。这几门学问都属于人体科学，而且是人体科学的基础科学部分，因为意识对人体生理过程的反作用是人体科学的一个重要研究方面。但意识又包括思维，所以精神学又与思维科学的基础科学——思维学密切相关，是对思维学横向跨部门的支援。

基于以上的说明，思维科学与相邻现代科学技术大部门的关系就可以用下图来表示。

① 见《大自然探索》1983年第3期，第3页。

② R. Sperry已于1994年4月17日去世，享年80岁。

③ Sperry R.,Neuroscience，5（1980）195.



三

在解决了思维科学的外围问题之后，我们可以讨论思维科学三个层次的内部组成问题。

在基础科学这个层次里，除了我们已经说过的思维学之外，我认为还应该列入思维的普遍工作对象，即信息的研究。

信息的研究是从通讯技术入手的，早在本世纪四十年代就由美国申农（C. Shannon）提出通讯道中信息传递的理论，开始有了信息的准确计量。后来又由于控制论的影响，形成了信息论，把信息的概念大加扩展，成为信息源、信息道和信息受者的统一理论，但对信息的本质似乎还不十分清楚，像美国维纳（N.Wiener）这样一位控制论的创始人，也讲过些糊涂话。我以为信息的概念不能脱离由信息源、通道和受者的系统，作为自然科学研究对象，它不过是某种形态的物质运动，当然

是物质的；但受者并不对运动的诸如速度、动量和能量感兴趣，而是提取运动所内涵的另一种东西，叫信息。信息因此也和速度、动量和能量一样，是人为了认识事物的需要，从物质运动概括出来的，一点也没有什么可奇怪的。可是受者必须知道如何提取，信息才存在；不然就如对牛弹琴。总之，信息对认识过程有非常重要的意义。因此，研究信息和信息过程的学问———信息学[①]，也就理所当然地是思维科学的基础科学之一（见图）。

关于形象思维，文艺理论家谈得很多，也有不少引人入胜的见解。科学技术人员，一般不提什么形象思维或直感思维，只少数有成就的科学家在说到科学方法时讲过这个题目。文艺家和科学家的议论都近乎思辨性质，对我们有启发，但还有待于深化，是张光鉴同志，对形象思维作了些有意义的探索，他归纳了大量的人的创造过程，提出"相似"的观点。当然"相似"和"不相似"（"相异"）是辩证统一的，"相似"中有"不相似"，"不相似"中又有"相似"。"相似"的观点，或"相似论"，对说明形象思维在科学技术、工程技术中的重要性，很有价值。然而要再进一步深入下去，建立科学的理论，建立形象（直感）思维学就困难了，因为这里讲的"相似"不是几何学里的相似，那里的相似比较单纯，用数理逻辑就够了，但在这里不然。在这里，形象思维里；要从一大堆不那么准确的材料中提炼出准确的"相似"。

说难，倒不是说人们不会这么干，而是没有找到总结成理论的途径。正如英国斯巴克思（J. Sparkes）[②]不久前讲的，人天天在这样做：听说话，可以不受方言、口音、单字单词的同音、穿插的口气词、错误语法等干扰，准确地懂得说话人的意思。人也可以从写得很不工整的笔迹中读出作者的原意，人识别图形的本领是很高的。他认为这是一种不同于简单科学归纳的思维，而是复杂的、多途径、多回路思维；其实就是我们这里讲的形象（直感）思维。斯巴克思的议论给我们启发：建立形象思维学要通过研究语言和识别图形。从基础理论到应用技术的关系来讲，形象思维学属基础科学，而科学的语言学，即结构语言学和数理语言学，以及模式识别属技术科学。所以这里为建立一门基础科学，而向技术科学求援，也就是先研究更具体的东西，再研究它一般的理论。这也是现代科学技术中常有的事。

这也就引出又一个问题：既然科学的语言学和模式识别这两门思维科学的技术科学，共同为基础科学形象思维学提供素材，那科学的语言学和模式识别有一致的地方吗？有。以前模式识别工作一直是用相关统计法，也就是把图形不同部位的数据（色彩和浓淡）用数理统计计算相关函数，以相关函数的分布来识别图形。这个

① chtry E.C.,PIEE, 3（1951）383；《长江日报》，1982年2月23日开始的《信息与现代化笔谈》专栏。

② Sparkes J. ,New Scientist,95（1983）97.

方法计算量非常大，显然不会是人脑用的办法，人脑识别图形几乎是瞬时的！近年来模式识别已经转入所谓语义法[①]，效果比统计法好。这不是说明，语言的识别和图象的识别有共性吗？当然，从这两门学问的成就来看，它们都还未达到成熟的阶段，从它们那里再上升到形象（直感）思维学就更有一大段距离要走；来日方长，性急也没有用。

思维学的第三个组成部分，灵感（顿悟）思维学就更离得远了，我们还没有把握从哪个方向去探索，虽然文艺理论家对此有很多议论。刘奎林同志在给作者的信中建议：灵感的孕育也有一个过程，只不过不在意识范围之内，而在意识范围之外，在潜意识，当酝酿成熟，却突然沟通，涌现于意识，成为灵感。这个说法是有道理的。我们在日常生活中也常常一时记不起某一个人名、某一地名、某一数字，左想右想也记不起来了。这时，如果思想放开，不去想它，倒会突然想起来了，记起来了。这是不是因为：人名、地名或数字并没有从脑中消失，仍然存贮在大脑某部，只不过暂时与意识失去联系，成为潜意识。而潜意识中存在的东西又会突然接通到意识，我们又记起来了。潜意识本是心理学家们使用的概念，可以用来解释诸如上面讲的这类现象。这个概念也还可以有进一步的发展，威尔逊（I. Wilson）[②]认为有许多事例还说明潜意识不限于信息的存贮和取出而已，还可以在意识之外，另行搞一套复杂的活动、信息处理加工。不声不响，不知不觉。好像一个人的大脑除意识部分之外，还有独立的潜意识部分，甚至不止一个独立的潜意识部分，每一个部分都可以独立进行不同于意识内的种种思维。这叫做“多个自我”学说。由于以上的这些发展，要搞清灵感思维的机理，还是有起步方向的。

在技术科学这一个阶层，思维科学中还有情报学和科学方法论。现在情报、资料、档案是一个巨大的事业，已成为人们认识客观世界的锐利工具，可以说是人感觉器官的外延，就如机器是人手的外延。情报事业也是社会主义精神文明建设的一个重点，而这一事业的理论基础是情报学[③]。此外，科学方法论是现代科学技术研究的一个大课题。我们要多宣传这样一个观点：科学技术工作决不能局限于抽象思维的归纳推理法，即所谓的“科学方法”，而必须兼用形象或直感思维，甚至要得助于灵感或顿悟思维。爱因斯坦就倡导过这个观点[④]。所以为了开阔科学技术工作者、特别是青年科技工作者的眼界，科学方法论是必须大加发展的。在这一层次的思维科学，一定还会有其他学科，这里就不一一说明了。

---

① Tai J. W.（戴汝为）、Fu K. S., International Journal of Computer and Information Sciences, 11, 1（1982）1.

② Wilson I.,Mind out of time? , Gollane（1981）1.

③ 黄耀煌，《情报学刊》1983年第1期，第23页；王万宗，同刊第28页。

④ 《爱因斯坦文集》第1卷，商务印书馆1976年版，第309页。

思维科学中直接改造客观世界的学问也很多，属工程技术阶层，有人工智能、计算机软件工程、密码技术、情报资料库技术、文字学和计算机模拟技术，以及其他。前三门技术不必多说了，现在只对后几门作些解释：情报资料库的建立、更新充实、高速而准确的检索、提取、复制，已经发展成一门极为重要的工程技术，没有它将无法利用今天极为繁多丰富的情报、书刊、资料，将来会更是如此。我们国家在此领域大大落后，其中汉字编码方案一项课题，就争吵到现在还定不下来！必须努力赶上去，不然要误事。

文字学怎么会成为一门工程技术？这是因为今天世界各方面的发展都很快，文字的内容也在不断适应社会生活的变化而变化，新字新词经常出现，旧字旧词逐步废弃，语法也在变。在我们社会主义国家这样一件影响全体人民的事，决不能放任自流，要有控制和计划，如汉语拼音计划。这就是文字学的新任务，也成了一门能动地改造客观世界的工程了，它的理论基础是作为技术科学的科学的语言学。

人脑是一架具有大约1015个开关的巨型数字计算机。只不过远比今天的电子计算机要复杂，而且我们对大脑计算机的机系结构也不清楚。要弄清这个谜，光靠脑神经解剖学也困难，近二十年来这方面虽有很大的进展，但离目标还远；所以要开辟第二条途径，要用电子计算机来模拟人脑的部分功能，也就是试着改变电子计算机的操作运转程序，直至电子计算机也能出现如同大脑的功能，尽管还是局部的功能。这样就可以认为大脑的部分功能结构有如同电子计算机的程序结构，尽管还不一定能在两者之间画等号，但对理解思维是个重要的启发。许多人工智能的专家在用这个方法，美国的明斯基（M. Minsky）[①]就尝试着用这个方法来寻找音乐家写作复音音乐的思维过程。所以计算机模拟技术是研究思维科学的一个有效工具。

思维科学的上述内部构成表示在本文前面那幅图上。当然它还是不完整的，有待于今后的订正和补充。

四

我以前曾表示过希望每一个现代科学技术大部门都能组建一个科学院，但也估计中国思维科学院大概要等到二十一世纪才能成立。二十一世纪是从二OOO年到二一OO年，离现在还有十七年到一百十七年，这个希望不能算过高吧。能否力争二、三十年后成立中国思维科学院？但这些也都是猜测，重要的是在思维科学领域中动手做些踏实的工作，而第一步是要看我们对思维科学的内容有没有个比较正确的设想，好作为开步走的方向。因此我认为本文所讨论的问题还是值得同志们关心

① Minsky M., New Scientist, 89 (1981) 605.

的，到底对不对，请大家来研究。

现代科学技术的研究要靠集体，在现阶段，不可能有什么实体机构，建什么研究所，设什么专业，最多只能成立个同道者的学术交流组织，搞个思维科学研究会或思维科学学会。但即便成立研究会或学会也要有个组织的核心，这个核心要有必要的各方面专家，要志同道合、团结一致，形成学术组织的公认领导力量。所以当务之急是物色人选并组建这样的核心。

要什么样的核心专业人员？我以为在思维科学的工程技术方面比较好办，由于建设社会主义的实际需要，自然而然地会出人才，而且在建立思维科学的工作中，他们是后续的力量，尽管将会是强大的后续力量。当前要抓的是，在思维科学部门的基础科学和技术科学方面中的各主要学科的核心专业人员。根据前面的讨论，这些专业是哲学、数理逻辑、心理学、模式识别、科学语言学、文艺理论、科学方法论、人工智能和电子计算机科学技术等九个方面。我们需要的是在这九个方面有素养，而又对思维科学热心的专家。这九个方面情况也不尽相同：在我国，哲学、文艺理论和电子计算机科学技术方面的专家多一些，而其余六个方面人才就少了。所以物色人选建立核心的思维科学力量将是很不容易的事。

这个核心力量还必须是中、青年的科技人员：这主要是因为他们要工作到二十一世纪才能交班。因此，现在他们应该是三十多岁到四十多岁的人。为了能在思维科学的创建中，这批人能相互了解，交流讨论学术，达到基本一致的学术思想而起到核心作用，每一个成员的知识面又必须广阔。这是又一个条件。此外还有第三个条件：要有阅读外文的能力。这对建立思维科学新学科也是非常重要的。

由于上述的三个条件，找这样一批人才大概不会很容易，也可能出现缺门。怎么办？还得请知识面比较广的老科学技术人员来传、帮、带。这是老一代的义务，所以要组织安排好。

做好这几件事，就可以酝酿组建中国思维科学研究会或中国思维科学学会了，但这可能已经到了我国国民经济和社会发展的第七个五年计划期间。

选自《自然杂志》，1983年第8期。

关于教育科学的基础理论[①]

邓小平同志1983年9月为景山学校题词，用很简练的语言概括我国当前教育事业的要求："教育要面向现代化，面向世界，面向未来"。他在建国35周年天安门广场庆祝典礼上的讲话也明确了"要大大加强科学技术研究工作，大大加强各级教育工作，以及全体职工和干部的教育工作。全党和全社会都要真正尊重知识，真正发挥知识分子的作用。"这些话都是党中央的方针政策，充分阐明了教育的重要性。根据党中央的这一精神，也有领导同志提出：按现在世界的形式和我国的实际情况看，我们面临的是一场"知识战"、"智力战"。

听了这些话，使得我这个科技工作者感到着急，我国的教育事业该怎么办？因此，虽然在回到祖国的29年中，我几乎没有做过学校教育工作，也想作为外行，讲讲我的点滴感受和想法。它们是不成熟的，很可能有错误，写出来，为了参加讨论，求教于同志们。

一

尽管新中国成立三十五周年来，教育事业取得了很大成就，但我仍感到我国的教育问题是一个十分紧迫的问题；

我国现在还有两亿多文盲和半文盲。

、听说我们现在教小学生作文，老师规定格式，分几段，每段内容，少一段老师不给分，小学生作文也成了封建取士的"八股文"了。

我也知道有一位初中生在吃晚饭时向他的父亲说他想自动退学，自学成才，因为学校教学的一套，他受不了了。他父亲只好用一个晚上说服这位初中生。

我也曾到一所重点高等院校去听课，听了两节内容相联的数学课。我听了之后，感到教师讲的太繁琐，连习题也在课堂上讲，有的学生连笔记都不记！课后我找两位教师谈，我说两节课，改成一节课就行了，留下习题让学生自己思考去做，教学效果会更好些，而上课时间也减少了。我说，"这不是很好吗？"两位教师说他们同意我的意见，但不能照我们认为正确的方法去办：因为那样办，有些学生会不习惯，是灌惯了改不过来了，就会向教师提批评意见。"条子"多了，教务部门

① 钱学森为《华东师范大学学报》科学家论教育改革栏目撰写的论文，刊载于《华东师范大学学报》1984年第四期。

不察，就会影响教师评职称，提级别！这是落后阻挡了前进，不准前进！

在解放前，我国民不聊生，教育事业十分落后，但也有几所名牌大学，如北京大学，清华大学，交通大学等的教学质量是好的，这些名牌大学的毕业生到美国的名牌大学，如哈佛大学、麻省理工学院、加州理工学院去读研究生是照例许可，不必再经过考试。这是因为这些学生学习成绩优异，比美国人强，从而建立起中国人的信誉。但现在好象变了，我们的大学毕业生到美国，有的要经考试、补课，才能进美国的研究生班！

而我们自己的研究生呢？知识面窄，只一心钻在写毕业论文上，外文水平比较差，不习惯看外文参考图书，这又反过来使他们扩展不了知识面！

现在四十多岁的教师呢？他们之中有的是副教授了，是我们这些人的接班人呀。他们之中的一部分是十分优秀的，报纸上常常表扬他们的事迹，读后令人得到鼓舞。但也必须说，四十多岁的教师中的大多数也深受“十年浩劫”之害，因此知识面很窄，外文阅读能力很差，这都使他们缺乏高瞻远瞩的见识。

以上我从小学教育讲起，一直讲到大学，研究生和中年教师们，描述了一幅令人担心的情景。这是虚构的吗？虽然我但愿错了，可是我放不下心呀！

二

担心着急的人看来决不止我一个。那么有什么办法？有什么科学的办法，也就是可靠的办法，合乎事物本身规律的办法？我看以前在我国教育界奉为大师的苏联凯洛夫[①]似乎不能回答我们的问题，反之，也许就是因为我们受了凯洛夫的影响而吃了亏。

我们知道的第一位提出要搞“教育工程”改革教育工作的是敢锋同志[②]，早在党的十一届三中全会前夕，他就试图把自然科学中的一些物理学概念用到人的教育工作中来。意图是好的，但人的思维过程和学习过程毕竟远比机械物理过程复杂得多，有它们自己的特殊规律，强行套用物理学概念不见得会成功。后来敢锋同志好象也没有把这一想法继续发展下去。

1983午6月，我国在广西南宁举行了创造学学术讨论会，并邀请日本创造学家村上幸雄先生参加，开始了我国创造学的讲习和研究。日本的创造学是与又一门所谓“发明学”[③]有关的，发明学是想教人如何去发明，搞能够取得专利权的发明，而

---

① 凯洛夫，《教育学》，人民教育出版社1953年版。

② 敢锋，《光明日报》，8（1978）12；10（1978）26，3（1979）1。

③ 川口寅之辅：《发明学—创造新技术的思考方法》，专刊文献出版社1983年版。

创造学的范围更广一些，讲解一切领域内的发明创造该怎么搞。发明学和创造学都比“教育工程”前进了一步，承认人的智力发展不是一个简单的机械物理过程。但这些专家们都讲：如果你要发明，要创造，那就请你按下述条款办，一、二、三、四、……。创造真的如此简单吗？如果如此简单，那教育工作也好办了，教育不也就成了去学会作这一、二、三、四……了吗？　学生不会，就叫学生去念呀，记呀，背诵呀。教育能这样搞吗？我看不能。这样搞会适得其反的，这是把培养一个人的智力同教会人一项技艺这两件不在同一等级上的事混在一起了。学一项简单的技艺，例如学讲一种外语，讲到外国人能听懂，可以用这种强行灌输的方法。外国期刊上这一类包教包会的广告很多①，但没有包教出诺贝尔奖金获得者的广告！就是讲外语，能说到使外国人听懂是一项技艺，但要讲外语讲得达到文理优美，有风趣，那就不是一项简单的技艺，是文化教养的问题。

由于以上认识，江西南昌师范学校徐章英同志就提出要以生理学、脑科学、心理学，特别是思维科学为基础，创立智力开发的工程——智力工程，江西省科协副主席李忠显高级工程师也以智力工程为题发表了很全面的意见。我一方面认为这是看问题的正确方向，教育工作的最终机理在于人脑的思维过程，但我又以为智力工程包括的范围太广了，从机理一直到教育工作的实施，连教育工作的组织，计划，管理都在内了。而教育工作的组织、计划和管理是一项可以应用现代组织管理技术——系统工程的工作，也就是我称之为教育系统工程②的技术。教育科学中最难的问题，也是最核心的问题是教育科学的基础理论，即人的知识和应用知识的智力是怎样获得的，有什么规律。解决了这个核心问题，教育科学的其他学问和教育工作的其他部门都有了基础，有了依据。没有这个基础理论，其他也都难说准。研究智力工程应该先集中研究教育科学的基础理论。

三

怎样研究教育科学的基础理论呢？徐章英同志看问题似乎比较单纯，她认为不是有心理学吗？还有心理学的基础脑科学吗？这不是在近二十年来有了很大发展的学科吗？徐章英同志还寄希望于刚提出来的思维科学。我想人脑的活动的确表现为思维，人脑是思维的物质基础，思维科学最终要靠脑科学来阐明它的机理。但那是“最终”，不是现在。如果现在就要用脑科学来阐明思维，那只有等待，只好无所作为了。但这是不必要的，人的思维过程已有大量的观察结果，是宏观的观察，不

① Scientific American. 7（1984）87；8（1984）5。

② 钱学森等：《论系统工程》，湖南科学技术出版社1982年版，第180、206页。

是深入到神经元的微观观测。为什么不从宏观观察开始？完全可以嘛，这样我们就能立即开始动手，研究思维科学而不必等待脑科学的成果。这就好象化学家远在原子物理、基本粒子物理搞清原子结构、搞清原子核结构之前，就研究分子结构及其性质了，相对于原子、原子核，分子是宏观的，化学家是从宏观开始的。思维科学也要从宏观开始，这是实事求是的科学态度①。

但对教育科学的基础理论来说，思维科学又象是微观的，更深入到机理的学问。如果思维科学已经建立起来了，而不是它处于目前的草创时期，那我们也许可以用思维科学来建立教育科学的基础理论。但实际并非如此，人的个体思维过程中的三种，只有一种中的一部分即抽象（逻辑）思维中的逻辑思维研究得比较清楚，这一种的另一部分，即辩证思维还未掌握其全部规律。个体思维的其他两种，即形象（直感）思维和灵感（顿悟）思维的规律还未掌握。至于对教育工作有重要作用的人与人的思维相互作用，即“社会思维”，也没有掌握其规律。因此从目前思维科学的发展情况看，要从思维科学引出教育科学的基础理论也是不现实的。

怎么办？只有再进一步“宏观化”，从人受教育过程的本身开始，从古今中外的教育经验中总结。这是说的教育经验包括学校教育的经验，社会影响或社会教育的经验（其中有家庭影响，家庭教育），而从孩子一生下起，直到人的老年，一生的全过程都有教育经验。这里说的经验当然包括成功的经验，也包括失败的教训。古今中外，事例千千万万，记载在汗牛充栋的典籍图书之中，材料十分丰富，怎么不能总结出教育科学的基础理论来呢？

也许有同志会问，你说材料丰富，能总结出教育科学的基础理论，为什么那么多年了，却至今还没有人总结出这个理论呢？我现在来回答这个问题，我们能办到。其理由是：

第一，我们有马克思列宁主义，毛泽东思想这个最锐利的武器，我们有马克思主义这个一切科学技术知识的最高概括和指导一切科学研究的原则。辩证唯物主义以及它的基础，自然辩证法、历史唯物主义、数学哲学，系统论，认识论、人天观，军事哲学、美学等构筑成现代化的马克思主义哲学体系，②③用它就能帮助我们在材料千头万绪极端复杂的情况下，分清现象与本质，找出条理来。而在以前，这是不可能的。

其次，现代科学技术毕竟有了很大的发展，即便如前面讲的，它还不能直接

① 钱学森：《大自然探索》，1（1985）。

② 钱学森：《哲学研究》，3（1982）19—22。

③ 钱学森：《系统思想，系统科学和系统论》，见《系统理论中的科学方法与哲学问题》，清华大学出版社1984年版，第4—29页。

为教育科学的基础理论提供构筑件，它却能为我们总结经验提供许多极为有用的线索。例如，人的才能是先天的还是后天的？有教育所无能为力的情况吗？当然有：有极少数幼儿，大脑有损伤，那就不是教育所能完全补救的了。此外也有遗传的因素，但不会有很大影响，只要是人类，各民族之间的差异是微不足道的。过去有那么一些人热衷于夸大民族之间的智力差别，把“智商”（IQ）测试结果说成是证明了民族智力的不同。现在已经越来越站不住脚了，智商已被看作是教育结果的评定[①]，而不是什么先天的遗传因素了。这就说明，民族之间在先天遗传因素方面的作用是不大的。皮亚杰（J. Piaget）等儿童心理学家的研究更明确地指出，幼儿一生下来，大脑还远没有成长起来，是儿童在生活中接受外界刺激后才逐渐发展的。外界刺激就发生在教育过程中，所以教育不是从幼儿园开始的，而是从婴儿就开始了。这个认识对我们总结教育经验，是有重要意义的。

又如，人的思维是从语言开始的吗？从前人们常说语言是思维的工具，所以语言先于思维。现在对形象思维的研究说明，只是抽象思维靠语言，形象思维不靠语言，形象的感知是只可意会，不可言传的。幼儿心理学也证明，形象思维先于语言，也先于抽象思维[②]。这就说明形象思维在教育工作中的重要性。形象思维教育可以通过文学艺术的欣赏来实现，所以教育中的美育是重要的。

有了上面讲的两个理由，我认为：我们现在应该有信心从古今中外的教育经验中总结出教育科学的基础理论——教育过程的客观基本规律。当然，在这个总结经验的过程中，如果脑科学，心理学，以及思维科学有什么新发现，新成果可以利用，那就更能促进这项工作。

四

前途如何？我们能总结出一套指导教育工作的基础理论，从而大大改进我们的教育工作，培养出工作能力和创造能力很强的一代新人，由他们来担当世界范围“知识战”、“智力战”的主力部队吗？我认为一定可以。理由是：如前面章节中讲的，人的才能主要靠后天培养而不是什么先天就有的天才，既然古今中外都有一批才能卓越的人才，他们也是他们所经历的学习环境所教育出来的，只要掌握了他们之所以才能出众的规律，有几个就能有一批，有一批就能有一大批，以至成千上万！这是过去历史所提供的论据。关键在于掌握教育科学的基础理论，把个别推广到一般。

① James Flynn，New Scientist，1984。4. 6，V01 101，No. 1401，p29～31.

② 王南：《求是月刊》，2（1984）15～24。

从我个人的实践来说，对此我也是乐观的，因为我之所以有今天，当然是由于党和人民的培养，但这与我在旧中国二十四年所受的教育，从幼儿园、小学，到初中、高中，到大学，也有很大关系。旧中国国家多难，人民处于水深火热的灾难中，但我这一段所受的教育却是一个小小局部现象，情况比较好，特别是中学。

二十年代的北京师范大学附属中学有个特别优良的学习环境，我就是在那里度过了六年，这是我一辈子忘不了的六年。当时这个学校的教学特点是考试制度，或说学生对考试形成的风气：学生临考是不作准备的，从不因为明天要考什么而加班背诵课本。大家都重在理解不在记忆。考试结果，一般学生都是七十多分，优秀学生八十多分。就是说对这样的学生，不论什么时候考，怎么考，都能得七八十分。这个学校的教学内容也很深刻和现代化。我还记得高中一年级时几何老师是傅仲孙先生（当时他还是师大数学讲师，新中国成立初年任北京师大副校长），他说：他讲的道理是纯推理，得出的道理，不但在教室里如此，在全中国也如此，不但在全中国如此，全世界也如此，就是到了火星，也还得如此！他是把逻辑推理讲得透彻极了。而且也现代化。举例说，化学课，在二十年代就讲化学键是由原子外壳层电子形成的，八个电子成闭壳，等等。这个学校的高中分两部：一部是文史部，二部是理工部。我在二部，正课和选修课有大代数、解析几何、微积分、非欧几里得几何；物理学（用美国当时的大学一年级课本）；无机化学，有机化学，工业化学；英语，德语；伦理学。伦理学课是由学校校长（称主任）林励儒先生（新中国初期任国家教育部副部长）教，明确道德规范是因社会的发展而演变的，这不也是现代化了吗？化学试验课比较丰富，但也有当时的困难，试剂不纯，滤纸是穷办法，用北京冬天糊纸窗的“高丽纸”！此外，音乐、美术课学校也是重视的，我们的美术老师就是不久前去世的国画大师高希舜先生。

由于我有这样一个中学的基础，当我进了上海交通大学，第一年是学不到很多新鲜东西的。但这个大学与师大附中不同，考个八十多分不算好学生，得考九十五分以上才行。所以我的功用在背诵上去了，以应付考试。我是在机械工程系的，第四年是专业课，我学的是铁道机械工程。因为在旧中国，国民党政府不搞工业建设，工程教课实际不易开展，所以第四年也有点放羊，学习并不很紧张。因此我在上海交大四年中，只有两个学年收益比较大。

我讲了这样一大段自己在旧中国受教育的经历，其实也不是我一个人的经历，是两所学校全体学生的经历。这是为了说明实践证明能做到的事：六年小学和六年中学可以达到现在高等院校一年到一年半的学习水平。所以如果要培养在某一专业领域内能实干的人才，大学不要四年，有两年就可以了。这就是两年制大学专科。四年制大学可以是培养有开发科学技术的能力的人才，达到的水平可相当于我国现

在的硕士。这不是一个很大的进步吗？而这还没有用将来会总结出来的教育科学基础理论，没有用更高明的教育方案。所以，我是乐观的。

五

在这一节里，我想绘制一幅本世纪末我国教育事业的草图。到本世纪末，我国大概有十二亿人口。根据我国第三次人口普查百分之十抽样结果，四十岁以下的人口流，即每年进入一个岁数的人数（也大致等于长了一岁而走出这个岁数的人口数）大约是二千万。到本世纪末，我国如果普及小学教育，这就是每年入学和毕业的小学生，即在校小学生一共一亿二千万。

只有小学教育工作还不行，这每年毕业的二千万小学生有一半要进职业学校，三年毕业。每年一千万，在校学生三千万。其他一半进初级中学，每年也是一千万，在校初中生三千万。

初中毕业的学生，每年有一千万，其中多一半，可能是六百万进中等专科学校、职业中学和技工学校，三年毕业，在中专学习的学生是一千八百万。还有四百万进高中，三年学习，在高中的学生是一千二百万。

每年有四百万高中毕业生，其中多数约三百万进大专，两年毕业，在校学生为六百万。

另有一百万高中毕业生进高等学校，四年制，在校学生四百万。

以上只是大致情况，不算细节，如择优录取和类别之间的调整等。这样在校学生一共有二亿二千万。即便因采用现代化电化教学，大大节省教师力量，教这二亿二千万学生也要有大专或大学、硕士毕业水平的教师大约二千二百万人。由于技术进步而需要对在职工作人员进行再教育，这还没有计算在内。所以大学，硕士毕业水平的教师总得在一千万以上。

我以前曾建议：到2000年，我国干部的文化水平都要是大学毕业的[①]，而现在我国已有约二千万干部，将来还要增加。所以加上大大扩充了教师队伍，全部大学毕业水平的工作人员将近四千万。以每人平均在位工作四十年计，每年需要补充新大学毕业生一百万。这个数字和上面方案的数字相符。

这样一个教育体系预计每年经费将近一千亿元，比目前增长十倍左右。但这是二十一世纪所必需的。当然，可以多方集资办学，这一千亿不必都由国家财政支出。

在以上各节里，我试图陈述我对改革我国教育事业的意见。我认为，我们应该

① 钱学森：《世界经济导报》，10（1983）10。

从根本问题，即教育科学的基础理论做起，不要简单地引用别国的现成经验，这才是马克思列宁主义、毛泽东思想的做法。从古今中外千百年来的经验总结出基础理论很不容易，但想到这是二十一世纪的大事，再费气力也是应该的。这需要大力协同，不只是教育工作者的事，社会科学家要参加，自然科学家也要参加，请国家有关部门来领导这一攻关吧！

攻关的结果将导致一场我国教育事业的大改革。

选自《钱学森文集》卷三，第296～304页，北京：国防工业出版社，2012年1月第1版。

发展地理科学的建议①

这次讨论会是由中国地质学会、中国地震学会、中国天文学会、中国气象学会、中国空间科学学会、中国岩石矿物地球化学学会、中国古生物学会、中国地球物理学会、中国海洋学会、中国水利学会、中国地理学会这11个学术团体联合发起的，充分体现了现代科学技术特别是"地理科学"综合化的趋势，这也是科学深化的趋势。刚才，程裕淇同志讲了，第一届讨论会是由6个学会发起的，这次是11个，第三届不知还要多少。这一趋势在今年9月份中国科协三届全国委员会常务第二次会议上同志们就指出并强调了的。而且认为，中国科协要促进这方面的工作。因此，让我首先代表中国科协祝贺第二届全国天地生相互关系学术讨论会的召开，祝会议成功。

比起11个学会的同志来讲，我是外行。为什么我这个外行竟然敢来讲呢？我觉得这次会议（包括第一次会议）所选择的是一个非常重要的现代科学技术研究课题。

一

我刚才用了"地理科学"这个名词，为什么呢？这是由于在今年6月中国科协的"三大"之后，我收到了今天在座的黄秉维同志的来信，看了他的来信，我受到很大启发，觉得"地理科学"这一古老的名词，现在应该把它很好地用起来。我认为，"地理科学"就是一门综合性的科学，地理科学研究的对象就是地球表层。在这次会议的"论文摘要集"中，有两篇就是讲这个问题的。"地球表层"这一概念是借用苏联科学家的建议，指的是和人最直接有关系的那部分地球环境，具体地讲，上至同温层的底部，下到岩石圈的上部，指陆地往下5千米至6千米，海洋往下约4千米。地球表层对人的影响，对社会的发展都有密切的关系，地球表层往外的部分和地球表层更深的部分是地球表层的环境。这次"天地生相互关系学术讨论会"的论文摘要集中，绝大部分的文章是研究地球表层的，也有一部分是研究地球表层以外的，即地球表层的环境。这里提出的"环境"这一概念，是系统科学的一个概念。从同志们的论文中可以看出，"地球表层"是一个系统，而且是一个非常

① 钱学森1986年11月在第二届天地生相互关系学术研讨会上的发言，刊载于《大自然》杂志1987年第1期。

复杂的系统。在系统科学中，称非常复杂的系统为“巨系统”，不是大系统，而比大系统还要大。地球表层是一个巨系统，这个巨系统不是封闭的，与环境是有交换的，这是当今系统科学中的一个概念。交换的外围就是巨系统的环境。地球表层这一巨系统与环境有物质和能量的交换，这是一个开放系统，其复杂性就在于它是个开放的系统，不是封闭的系统。封闭系统比较简单，开放系统要比封闭系统复杂。所以，我们要研究的对象就是这个巨系统的本身，要研究巨系统的本身，就必须考虑巨系统的环境。我想用“地球表层学”这样一个名词来称呼这门学问；有同志说，也可以用“环境科学”来叫这门学问，我认为不妥，因为它是公认的另外一门学问，内容不是我们在这里说的，用这个词只会制造混乱。总之，今天我讲的主题就是天地生综合研究要进一步向前发展，成为现代化了的地理科学，这是一个重要的问题，它的基础理论学科就是“地球表层学”。

第一，地球表层学是“地理科学”的基础理论学科，要想继续发展，就必须要重视这门学科，只有这门科学的建立，才是真正把我们这11个学会及其他十几个、二十几个甚至三十几个学会的研究工作结合到人们最关心的人类生活在地球环境中这一个问题。现在大家可以统一成这样一个意见，就是一定要进行综合研究。单独的研究是不行的。我自己也从黄秉维同志的来信中学到了这一点：分割开来研究是不能解决问题的，只能是越搞越乱。因此，一定要进行综合研究。大家也注意到这一问题，最近有不少文章，甚至有地质哲学方面的文章，如1986年第8期《哲学研究》上，有一篇文章从地质学的角度说明要将自然科学的许多学问综合起来。我觉得，他只是讲了地质运动，从我们研究的问题来看，那仅仅是一部分。所以，我们要考虑的问题是许多学科的综合，涉及到的范围还要广阔得多。这是一个基本概念。

第二，我们提出“地理科学”这一重要的学科，其基础学科是“地球表层学”。这与我们常说的数学、物理学、化学、天文学、地球学、生物学是基础科学的意义是一样的。它是包括了许多部门的庞大的“地理学科”的基础理论，我们要把它建立起来。没有理论的指导，其他学科的研究就会遇到困难。所以，我们强调要建立“地球表层学”。这是一门带头的学科。基础理论科学的下面一个层次，就是应用理论学科，现在“地理科学”的应用理论学科已建立了很多，已建立的有生态经济学，现在要想建立的有如城市学，即研究城市体系的一门学问，这是城市规划的理论。我曾建议，为了使地理科学研究定量化，有必要建立“数量地理学”，就是用数学方法，主要是指系统工程、系统科学方法来解决“地理科学”中的问题。数量地理学、城市学、生态经济学等学科，都属于“地理科学”的应用基础学科的层次。而最直接改造客观世界的学问，在“地理科学”中也有，即地理科学的

应用技术，如城市规划、环境保护、水资源等都是属于这样的问题。因此，我提出这样一种想法，不知大家是否同意，就是“地理科学”是包括内容很多的一大门科学，根据现代科学近100年来的发展，可将它分成三个层次：最理论性的层次，就是基础理论学科，我认为这就是“地球表层学”，尚待建立；第二个层次，就是应用理论学科，这发展得较快，有的还需建立，像数量地理学；第三层次，直接用于改造客观世界的应用技术，现在已经很多。能否这样考虑，首先要把“地理科学”建立起来，这是当今科学的一个重要组成部分，它又分为基础理论、应用理论和应用技术。

刚才黄汲清同志对我说，综合研究还具有哲学意义，确实如此。所以，前面我谈的还不全，还要对“地理科学”进行更高一个层次的概括，即地理科学的哲学概括，我现在还说不出它的名字，但要有这么一门学问。我认为黄汲清同志的意见很好，根据马克思主义哲学观点，人类的知识最后要概括到哲学，就是马克思主义的哲学，就是科学的哲学，不是臆想的哲学，不是乱编的哲学。从实践上升到科学的理论，又从经过实践考验的科学理论再上升到、概括到哲学。这一观点，不知哲学家是否接受？最近几年我常宣传这一观点。正因为这样，我认为马克思主义哲学是有道理的，是经过实践考验的，是最科学的。马克思主义的核心就是辩证唯物主义。它联系到各门科学就产生了各种科学的哲学，这些大家已经知道。例如，自然辩证法是自然科学的哲学，历史唯物主义是社会科学的哲学，等等。它们都要有哲学的概括，最后综合起来再概括就是马克思主义哲学，这就是我常宣传的现代科学的体系。马克思主义哲学是现代科学的最高概括。我们研究地理科学也必须用马克思主义哲学来指导。指导并不是说马克思主义哲学就僵化了、凝固了、不动了、变成经典了，不是那个意思。一方面，它指导“地理科学”的研究，另一方面，地理科学的研究、发展又概括出地理科学的哲学，反馈到马克思主义哲学，以发展、深化马克思主义哲学。这一观点我也宣传许多次了。现在，同志们学习十二届六中全会《中共中央关于社会主义精神文明建设指导方针的决议》，我以为我刚才讲的是符合《决议》的精神的。

二

最近，我还有一个想法，今天说一下。现在很多地方讲要发展智力，发展创造能力。我想真正的创造能力来源于什么呢？现在研究这个问题的很多，有许多“窍门”，也称“窍门学”吧。天津有一本花花俏俏的很有趣的杂志，叫《智力》，是教你各种各样的窍门的。这在国外也很时兴，什么包教包会，包你三周内会说西班

牙语等等，我觉得这样教，即使能讲也是结结巴巴的，也许人家能听懂，但绝对不是高级的、漂亮的西班牙语。这种事情在国外很多，他们很发达，确实有这个需要，教你一个技巧。这种教育是否需要呢？我觉得也要。但是，它不是教人们如何能够进行真正的高级的创造。中国有句古话，“大智若愚”，就是某个人确实有很高的智慧，但看上去倒像个“傻子”，因为那些小窍门的事他不想去做。在座的同志都知道，达到20世纪科学最高峰的著名物理学家爱因斯坦，他在小学、中学、直到大学的学习并不十分突出，这就是“大智若愚”。所以，人的智慧是什么呢？我觉得，人的智慧就在于真正掌握了客观世界最基本的原理，只有这样才能站得高、看得远。今天，我们中国人很幸运，因为我们建立了马克思主义哲学是科学的最高概括这样一个观念。我们要取得最高的创造力、最高的智慧，就应该学习马克思主义哲学。

今天讲这句话，在座的不一定都同意，但是我劝同志们想一想这个问题。过去许多年，我一直讲这个问题。对中青年讲了许多次，我是碰壁的。我说大家必须学习马克思主义哲学，科学必须用马克思主义哲学来指导。我看得出，由于我的年龄大，对话的人不好意思直接反驳我，客气地点点头，其实心里没服。不服的原因我也清楚，无非是说，资本主义国家不是没有马克思主义嘛？不是也搞得不错嘛！但是，我还要说，今天我提到更高层次上说，人要有创造性，最高的创造性，要有真正的智慧，必须要有马克思主义哲学。道理很简单，因为这是人类知识最高的最正确的概括，你掌握了这个最锐利的工具，当然会站得高、看得远。

三

如何建立地球表层学这门科学？我觉得要建立地球表层学这门理论科学，我们一定要运用系统科学的理论。系统科学也分为三个层次。系统科学也是从实践的需要发展起来的，所以它那直接改造客观世界的那部分发展最快，即系统工程。系统工程的理论，即应用理论，发展也比较快，诸如运筹学、信息论、控制论、大系统理论等。在这些系统科学基础上再概括，真正建立系统科学的基础理论——系统学，现在正在努力。这次讨论会的论文摘要集有一篇西北大学地质系张金功同志的文章，涉及到用系统科学的方法来考虑地学问题，这是对的。但是，系统学作为一门学科正在形成之中。这并不是说没有材料，材料是很多的，只是还没有形成完整的学科体系而已。这些材料有以下几部分：

（1）巨系统理论。巨系统理论的一个很重要观点，就是层次观点，层次结构的观点。而且层次具有一定的功能，或系统运动的性质。这些性质或系统层次的功能是与组成该系统的子系统的功能是不一样的，这很重要。整个巨系统又是由许多

层次构成的。每个层次都有其功能的特点；很重要的特点就是，这样一个系统的功能不是组成该系统的部分系统所具有的。这是否可称之为辩证法？即由量变到质变。许多系统组成在一起，它的功能就与每一个组成部分的功能不一样。

（2）巨系统结构。如何组成巨系统的层次、结构？这一结构是受环境影响的，它也不是固定不变的，外界环境发生变化，其层次结构也会发生变化。这一方面的学问就是H·哈肯教授创立的“协同学”。这对建立地球表层学具有重要的参考价值。

（3）以前，系统科学理论认为，系统内会出现有序化、有结构。有一个耗散结构理论，用熵流的概念来解释有序化。但是，近年来又出现了新问题，就是系统是可以出现有序化、形成结构，但也可以出现另一种现象，就是浑沌。浑沌看起来好像是无序的、杂乱的。这就比耗散结构理论更深刻了。对这一问题，今天在座的叶笃正教授给我们上过一次课，他讲气象就是浑沌。我们对气象是很关心的。叶笃正教授对我讲，外界对大气的输入，影响变化并不大，仅有昼夜的变化、四季的变化，但是气象却是瞬息万变的，如何解释？这种现象的解释就是浑沌。环境没怎么变化，系统内部却变化很快，似乎是一件怪事。流体力学中的湍流时刻不停地在变化，外部边界条件并未变化，而内部就自己变起来了。这种现象是非常重要的，也就是这些浑沌看起来好像是混乱的、非决定性的，但它并不是非决定性的，而是决定性的。如果你把时间分得很细，它还是决定性的。假如气象是非决定性的，那么我们的气象工作者就没法预报了。但是，气象还是可以预报的，可以预报就是决定性的。然而不能将时间放得很长，时间越长就越难预报，长到一定程度就没法预报了，这就是浑沌。用这一观点方法去观察研究地球表层的现象，浑沌现象就很多。论文摘要集中，由任振球、张国栋、徐道一和徐钦琦四位同志合写的文章“多尺度异常事件的群发现象及其宇宙环境”，我认为那里谈的就和浑沌有关系。另外，这次会议谈到很多“灾变”，也可能与浑沌有关。

所以，我提出地球表层学这门学问要用系统学的一些成果。这些问题请大家认真思考一下。最近，我国出版了两本书，我把它们推荐给大家。一本是诺贝尔奖金获得者I·普利高津著《从存在到演化——自然科学中时间及其复杂性》（科学出版社，1985）。另一本是由普利高津和助手尼科里斯合著的《探索复杂性》（四川教育出版社，1986）。这两本书谈到的是系统科学理论的最新成果，建议大家学习学习。同志们可以将系统科学和自己所研究的东西结合起来、系统化。我认为，这两大厚本《第二届全国天地生相互关系学术讨论会论文摘要》是“零金碎玉”，仍然是点滴的东西，还没有捏合在一起形成强大的学问。我们如何将这些“零金碎玉”汇聚成真正的珍宝？这珍宝我认为就是“地球表层学”，我们要用刚才我所说的系

统科学的方法来建立这门基础科学。大家如果能将天地生的研究与系统学的研究两者结合起来，我觉得那将是一件了不起的事情。我们就是要建立起和人类、社会的发展有密切关系的“地理科学”的基础理论——地球表层学，这个建议是否正确，请同志们讨论。

四

对开展工作的建议。以下建议也许不合适，仅供同志们参考。

（1）两次天地生学术讨论会，确实收集了很多方面的材料，这就非常重要，这些材料在过去往往不被重视。但是，这方面的工作是否还可以广阔一点？这次会议的论文摘要内好像没有涉及到“地震云”，这是否是一个重要问题？为什么我会想到地震云呢？因为我想到了天外来客——飞碟“UFO”，材料很多，我认为“飞碟”不是天外来客，它就是地球上的东西，也是我们天地生的一种现象，也可以考虑。“飞碟”和“地震云”一样，材料很多。另外《科学美国人》（1980年，8期80页）有一篇文章说在澳大利亚南部6.8亿年前的前寒武纪沉积岩中发现了类似树木年轮的纹。在有人类记载之前，人们不知道太阳黑子的活动情况，直到近100年来才注意到太阳黑子的活动和变化。而现在在6.8亿年前的沉积岩中保存了近两万条纹，其意义是重大的。这给我一点启发，就是搞天地生研究，除了古书记载外，还要到广阔的领域中去收吸资料。

（2）建立地球表层学，就必须进行理论分析。我在前面讲的理论分析的观点，材料并不完善，还应该不断地吸收系统学的新成果，要进行讨论。像今天这样大规模的讨论会有好处，也有不足。不足处就是时间相隔太长，两届间隔了三年（第一届在1983年11月，第二届1986年11月），这样太长了。此外，我们还要多举行一些小型的讨论会，最好每周一次，而且是请各家发言，集各家之精华。我觉得北京地区可以搞一个这样的组织。

（3）在中国搞纯理论研究是不行的，要想得到资助，就要解决社会主义现代化建设中的一些重大问题。现在有许多问题需要解决，如地震、气象、水资源等都是一些很重大的问题。天地生综合研究，只有解决一些具体的实际问题，才能得到国家领导人的支持，事情才好办。

最后，我认为我们做的工作是重要的。如果我们真正能把刚才讲的做起来，那么，对科学的发展又是一个极大的推动。因为，它要解决的正是人类社会所面临的重要问题，因此，它的影响是深远的，对社会主义现代化建设有着重要的作用。

选自《钱学森文集》卷五，第001～008页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

智慧与马克思主义哲学

关于人的智慧与马克思主义哲学之间的关系问题，近来我在几个场合提到过，但都没有展开谈。在这篇短文里，想更仔细地讲讲我的体会，以求教于同志们。

先要说说自己的一个朴素感受：我在国外从事教学和研究工作期间，没有好的机会学马克思主义哲学，只是在工作中，从经验和教训中得出了几条治学应该注意的东西；如看问题应找什么角度，碰了钉子又如何办等，当时还自以为这是我的心得。回到社会主义祖国后，有可能认真学点马克思列宁主义，毛泽东思想的著作了，才发现我的那几条治学心得，比起马克思主义哲学来，就好比大海中漂着的几个小水泡，算不了什么！

因为有这个感受，所以我常常向中青年科学技术工作者宣传学习并运用马克思主义哲学的重要性。可是效果不那么好，和者甚寡。我想，听者大概在想：资本主义国家的科学技术不是很先进吗，他们并不用马克思主义哲学啊！我没有说服人，所以要继续努力，在这里讲讲我这个主张：要有智慧，就必须懂得并会运用马克思主义哲学去观察分析客观世界的事物。

一

首先要说明什么叫智慧。我们常常说这个孩子聪明，那个青年机灵。但聪明和机灵是说对客观世界的事物反应比较快，比较敏捷，那是指对一般日常事物而言，比如学生学习中的课堂提问等。这种智能是有方法培养锻炼的，例如国外有许多广告宣传什么“三个月讲一门外语”，“包教包会”等等。国内也有同志搞智力工程，还有创造学会这样的学术组织。天津有一家《智力》月刊，专门为培养青少年智能服务。我是赞成所有这些同志的努力的，年轻人要有这种智能教育；而我们今天的学校教育中，这方面的训练太少了。但我必须说，这类方法出不了智慧。智慧是人脑更高层次的活动，聪明、机灵，以及所谓智力、智能都是在低层次，低一个或几个层次。所以这些同志的工作是有益的，但还远不能用以敲开智慧的大门。

为什么这样讲？中国有句老话：“大智若愚”嘛，真正有智慧的人，看上去好象还有点迟钝！这是因为他用智慧去考虑深邃的问题，对一般问题反而不感兴趣，不愿去花心思。另外，现在“高技术”工作中一项重要课题是人工智能和智能机，但谁也不会把2000年能搞出来的人工智能和智能机同人的智慧等价，那是有很大区

别的。因此英国的一家期刊《New Scientist》在去年出的一期上挖苦说，“人们都在讲人工智能，怎么不说人工愚蠢！”

还有一点要说明的：智慧并不仅仅是有知识，正如不久前苗作斌同志所说[①]，有丰富的知识是必要的。但也要说清楚，不是有了知识就自然而然地有智慧了。这里有一个运用知识的问题，中国从前就笑话那些“老学究”，说明有知识不会用，也不能达到智慧。在今天，电子计算机检索的信息资料库时代，更可以说清这个区别，信息资料库所存储的知识比任何人所能知道的都多千倍、万倍、亿倍，但信息资料库本身并没有智慧，甚至连比智慧在档次上低得多的智能都没有。当然，这也决不是说电子计算机检索的信息资料系统没有用，一个有一定知识和智慧的人用了这种网络系统，就如虎添翼，能获得大量“激活”了的情报[②]，也就是有针对性的活知识；而这有针对性的活知识又是人的智慧的原始素材。

二

其实上面讲的也是老话了，我之所以重复地写在这里，是为了强调它们的正确性，说明我是赞同这些观点的。关于人的智慧的描述和议论还有很多，就如前面提到的那个《智力》月刊，差不多每期开篇都是论述智力的论文，也常常说到智慧[③]。但我认为这些宏论说来说去，都是旁敲侧击，没有能够真正从智慧的本质上去探讨培养智慧的切实可行而又有效的途径。

怎么解答这个问题？第一步应该解答的是用什么立场？是唯心主义吗？智慧是天生的吗？如果是天生的话，那小娃娃就能有智慧了，这在历史上还没有记载。智慧是神授的？天上掉下来的？我们也不信这种鬼话。剩下来唯一的可能就是唯物主义了，而且是辩证唯物主义：人的主观可以通过实践去认识客观世界，认识了的，人又可以主观能动地用以影响、改造客观世界。这是我们的立场。

第二步要解答的是用什么观点？我在这里建议，用系统科学这个现代化的观点。就是说智慧作为现象，不可能是孤立于一切之外的，它也一定是与其它事物有关联的。前面讲了，人能认识客观世界的规律，然后用这种知识去影响和改造客观世界。而且在上一节我们已经提到智慧要靠知识、特别是活的而不是死的知识。所以我们应该考虑智慧与知识的体系，或系统化了的、有结构的人类知识之间的关系。这样就把问题推向什么是系统化了的、有结构的人类知识。对这后一个问题正

① 苗作斌.从“知识就是力量”谈起[J].红旗.1986（23）：32～37.

② 钱学森.关于思维科学[M].上海：上海人民出版社.1986：426～444.

③ 俞国良.智慧比知识更有力量[J].智力.1986（10）：1.

好现在已经有了答案，就是现代科学技术的体系，当然这是我的答案，还远不是什么定案。关于现代科学技术体系的问题我已写过几篇东西[①②③]，在这里仅就它联系到智慧的这一个题目，简略说一说。

这里讲的现代科学技术体系有两个特征：一是它以马克思主义哲学为最高概括，也就是说，体系中所有的学科、理论都要以马克思主义哲学为指导，不能违背马克思主义哲学的原理。但马克思主义哲学又不是一成不变的教条，体系中所有学科、理论的发展，即科学技术的成果，又要用来丰富、深化和发展马克思主义哲学。第二个特征是：这样的结构就把一些知识性的、经验性的东西放在体系之外了，因为，这些东西与整个体系的联系还说不清。此外，资产阶级的社会科学等当然也在体系之外，这是由于其指导思想的不同。所以我们的体系本身并不是孤立的，而是处于暂时还进入不了体系的知识海洋之中的。不但不孤立，而且体系和体系外还要有不断的交往，我们要重视研究体系外的知识，经过整理和鉴别，有的还要随时吸收到体系中来，以充实和发展这个体系。所以这个体系的第二个特征是开放、不断生长发展。

这个现代科学技术体系的结构是：在最高概括的马克思主义哲学下，分若干个大的学科部门，暂时有九个大部门，每个部门又有三个层次，一个基础理论学科层次，一个应用理论学科层次，和一层应用业务性或工程技术层次。每一个大部门也有它自己的哲学概括，可以说成是这一部门过渡到马克思主义哲学这个殿堂的桥梁，这些部门的概括也可以认为是马克思主义哲学的基石。这九大部门及其哲学概括是：自然科学和自然辩证法，社会科学和历史唯物主义，数学科学和数学哲学（元数学），系统科学和系统论（不是所谓“一般系统论”，也不是所谓“老三论”、“新三论”），思维科学和认识论，人体科学和人天观，军事科学和军事哲学，行为科学和社会论（暂用词），以及文艺理论和马克思主义美学。文艺理论这个大部门看来只有一个基础理论学科层次，因为文学艺术的创作属艺术和技巧，不算是科学。

以上所说的科学技术体系，包括了人类现在所认识到的客观世界规律的全部精华，它就是智慧的泉源，而这个科学技术体系的最高概括——马克思主义哲学难道还不是人类智慧的结晶吗？我还可以举出许许多多例证，就是在资本主义国家的伟大科学家，他们的成就都在于他们不自觉地、或多或少地运用了马克思主义哲学的原理。我也可以举出许许多多例证，当这些科学家和学者碰壁闹笑话的时候，也就

① 钱学森.科学学、科学技术体系学、马克思主义哲学[J].哲学研究.1979（1）：20～27.

② 钱学森.现代科学的结构——再论科学技术体系学[J].哲学研究.1982（3）：19～22.

③ 钱学森.谈行为科学的体系[J].哲学研究.1985（8）：11～15.

在于他们违背了马克思主义哲学的原理。在我们国家过去和今天也有同志讲错话，做错事，其中不少也是因为他们离开了马克思主义哲学的原理。因此结论是：要有智慧就必须懂得并会运用马克思主义哲学去观察分析客观世界的事物。这样我们就重新肯定了哲学的涵义：智慧的学问，但更明确了，必须是马克思主义哲学。

三

这样也就明确了如何去培养提高青年的智慧，古人千百年不能解答的问题，现在可以解答了：除了现在已经在做的对学生的智力教育、智力竞赛测验这些必要的低层次的、普遍的工作之外，还要从高中开始进行马克思主义哲学的教育，在高等院校除了深化马克思主义哲学的教育外，还要讲现代科学技术体系，使学生开阔眼界，能高瞻远瞩，也就能更好地领悟马克思主义哲学。要把这方面的教学放到打基础的重要位置上，并以此来改革现在的马列主义教学。

我以前估算过，到二OOO年，我国初中以上的在校学生将达4000万[①]，再添1000万继续教育的对象，一共5000万学生要接受马克思主义哲学和现代科学技术体系的教育。如果每200名学生有一位这方面的老师，那也要有25万老师。不小的教学队伍呵！当然还有教学计划和教材问题，必须早日动手搞。

我以为，如果我们能大致按上述的建议去培养青年，那我们就比西方国家的那套什么人文科学教学制度高明得多。

最后在结束这篇短文时，我还要说，一个有智慧的人，是懂得大道理的人，是有社会主义和共产主义理想的人，因而也是一个有道德的人。也因为他懂得大道理，“事理看破胆气壮”，他也一定勇于改革创新，不怕艰难挫折，他不会去贪图安逸，更不会去同流合污；他懂得：“平楚日和憎健翮，小山香满蔽高岑”[②]。

选自《哲学研究》，1987年第2期。

① 钱学森.关于教育科学的基础理论[J].华东师范大学学报.1984（4）：1~6.

② 见鲁迅先生劝阻郁达夫移家杭州诗.

社会主义建设的总体设计部

——党和国家的咨询服务工作单位①

同志们要我来讲“吴玉章学术讲座”的第一讲，我感到很光荣，但又感到自己能力有限，困难不少；可是我也想借这个机会来表示我对吴玉章同志的敬意。至于我实际做得如何，请同志们评价，有不妥当或错误的地方，请同志们指正。

我的讲题是“社会主义建设的总体设计部”。我定了这个题目以后，心里想，我这么说会不会引起误会呀？人们会不会问：还要不要党的领导、国家的领导了？所以我就赶快加了一个副标题，这个副标题就是“党和国家的咨询服务工作单位”。意思是叫总体设计部也没什么了不起的，因为这本身就是一项咨询服务工作。

关于总体设计部是领导的咨询服务工作单位这一点，在我们国家，早就在一个比较小的范围内实践过。什么小的范围呢？就是在研究制造原子弹、氢弹和导弹这项事业中，一开始我们就认清了它的复杂性，必须是在党和国家领导下进行，所以这两项工作，每一项任务都有一个总体设计部，由总设计师、副总设计师领导。总设计师、副总设计师的工作要依靠总体设计部。总设计师最后定下来的方案，总设计师要签字，但仅仅是作为总设计师经过科学论证和大量实验提出来的自己的建议，最后，还要由部门的领导拍板定案。同志们可能知道，在那个时候，领导这项工作的是周恩来总理，日常事务由聂荣臻同志负责。他们是领导，我们这些人呢，只是技术咨询服务工作者。但是那个时候，这样一个部门是明确的，称为总体设计部，就是总设计师、副总设计师这么一个体系。这几句话也就是说，我们今天讲社会主义建设的总体设计部不是没有依据的，不是没有实践经验作为基础的。对这个题目，我在过去10多年里，大概也写过30多篇东西，今天叫我来讲，我就把这几年来写的、想的一些问题总起来讲一讲。

一、今天的中国和世界以及我们看得到的21世纪的发展

首先我向同志们汇报一下：从1987年3月中下旬到4月初，我去英国和西德做一次短期访问，留给我一个很深的印象，就是我们中国还穷。比起他们来，我们穷。可以拿数据说明：我们的广东省跟联邦德国在面积和人口上都差不多，广东省的面

① 钱学森1987年5月15日在“吴玉章学术讲座”上的第一讲，刊载于《中国人民大学学报》1988年第2期。

积是21.2万平方公里，联邦德国面积是24.9万平方公里；人口呢？广东省近年（前几年吧，因为我没有今年的数字）的人口数是6075万，联邦德国人口是6143万。所以，就面积和人口讲，广东省和联邦德国差不多，区别在哪儿？区别就是国民生产总值。按国民生产总值这个口径来算，那么广东省前几年大概是300亿元人民币，折合成美元大概是80亿美元；而联邦德国是，14000亿西德马克，折合美元大概是7600亿美元。按照这个比例，如果广东省是1的话，联邦德国就是93，也就是说大概联邦德国要比广东省阔100倍。再有就是国家来比了，按照世界银行在1987年4月6日公布的1985年国民生产总值的数字，你也可算出人均国民生产总值。这样算下来，如果中国是1的话，那么意大利是20，英国是27，法国是30，西德是35，日本是36，美国是53（1985年）。这一点，大家应该记住：中国穷，认识到这个穷是很重要的。因为我们是唯物主义者，物质基础还是基本的问题。当然，不仅仅是物质，还有精神，还有社会制度。所以我在英国的时候，就跟英国皇家学会会长Potter爵士（他是得诺贝尔奖金的化学家）说："我们中国有一点比起你们英国来我们是不能忘记的，那就是我们还穷。"他也说得很好："你们中国我也去过，印度我也去过，你们人民还能生活嘛，不是满街满巷的要饭的。可是在印度，却不得了，到处都是乞丐。"他的话是实事求是的。当时我也想了，我不好作为一个中国人向他这位英国爵士宣传共产主义，不大礼貌吧！所以我仅仅说了："您说的这话是对的。"我心里想，大家恐怕也清楚，中国跟印度为什么有这么大的区别？一句话：印度是资本主义，我们是社会主义。所以我想我们千万不要忘记我们是走社会主义道路的，这一点是绝对不能忘记的。所以，我觉得党中央的政策、方针：一要坚持四项基本原则，二要改革、开放、搞活，非常正确，这是真理。我们考虑问题必须从这样一个观点出发，应该用马克思主义哲学，用辩证唯物主义、历史唯物主义来看今天和今天的世界，用历史唯物主义来看社会的变化。

同志们当然知道，社会的变化可以是缓慢的变化，有时前进，有时有错误还倒退一点，而总的是前进的。但是这个前进也不是平稳的，有时候发现变化是飞跃性的、急剧的，用我们的语言叫做革命。社会上的一切事物都有革命的变化。譬如说：在科学方面，从地心说转变到日心说，这是一个科学革命；牛顿力学的出现也是科学革命；到20世纪初，又出现了相对论，出现了量子力学，这都是科学革命。科学革命就是人认识客观世界的飞跃。那么人认识了客观世界，还要改造世界，这就有一个技术问题。技术也是有飞跃的、急剧的变化的，这就叫技术革命。在人的社会历史发展中，也有多次的技术革命。在远古的时候，甚至在还没有科学的时候，也有技术革命。譬如说：人学会了用火，那就是技术革命，现代原子能技术就是一个技术革命。所以说有过多次的技术革命。科学革命和技术革命，这还是人认

识客观世界和改造客观世界的技术上的飞跃，而它必然地影响生产力的发展。我们知道，生产力的发展又引起了社会结构的多方面的变化。要是用马克思的话来讲，这种社会变化叫做社会形态的变化，而社会形态的急剧变化或飞跃就是社会革命。这个变化又可分为三个方面来讲：经济的社会形态的飞跃，这是产业革命；政治的社会形态的飞跃，这是政治革命；意识的社会形态的飞跃，这是文化革命（这是真正的文化革命）。从这样一个观点来看，产业革命也有过多次了，不像从前书本上讲的好像只有在西欧18世纪末、19世纪初的那一次叫产业革命。那一次的产业革命，实际上是大工厂的出现，大工业的出现。但是在人类社会历史上，是有过多次产业革命的。譬如说，人从采集果实、打猎，到人种地、种庄稼、搞畜牧业，人从完全依靠自然变成部分的自己搞生产，这就应该说是一次产业革命。后来在奴隶社会的后期，又出现了商品生产——就是人不光为自己的消费而生产，而为交换生产了，这也应该说是经济的社会形态的一次飞跃发展，这又是一次产业革命。刚才说的农牧业的出现，大概说的是人类历史上1万年前的事情，而商品的出现大概是3000年以前吧。这样说来，西欧18世纪末的那一次，实际上是第三次产业革命了。到了上世纪末、本世纪初，出现了垄断资本主义，实际上按我们现在的话讲，就是横向联合，工厂不是作为独立的单位来生产，而是工厂的集体、企业的集体组织起来进行生产，甚至生产的体系是跨国的。这个现象在资本主义世界当然引起政治方面很多很反动的东西，列宁著名的论断“帝国主义是资本主义的最高阶段”主要是抨击了这一点。列宁在那时恐怕还没有时间顾得上研究经济的社会形态的变化对生产力发展所起的作用。如果我们注意到这一点，本世纪初的那一次就是第四次产业革命，现在所谓的信息社会等，实际上是第五次产业革命。这样讲，我觉得有一个好处，就是看看我们中国，因为长期在封建制度的控制下，又有100多年的半封建半殖民地的历史，生产没有发展起来，我认为其重要原因就是生产、社会管理上的问题，也就是经济体制和政治体制的问题。从前习惯了的一套管理叫微观管理，计划经济已经管到每一个厂里去了。实际上，这是一种很落后的管理方法，完全的微观管理。而今天，这么复杂的经济体制，再用微观管理的办法，是不行的。领导人再聪明也管不了。所以，一定要从微观管理转到宏观管理，微观上要搞活，宏观上来控制、调节。

这样的变化必然涉及到政治方面的变化，当然，这个变化是社会主义制度自我完善的过程，不是一个阶级推翻一个阶级的变化。这样来认识现在的政治体制改革，就是政治革命了。有了这些变化，我们就会发现人的思想意识跟不上了。

上面还是说历史，假如要说当今世界和今后的发展，就请大家想一想，我们今天的世界跟过去的世界有什么不一样？有没有不一样的地方？当然不一样的地方

很多，有没有在关键问题上不一样的？在这个问题上，我想提供一些看法：我认为大家要注意战争问题。关于战争的问题，从前我们国家总是说战争不可避免，所以我们总是准备快打、大打、打核战争，你老念叨着："战争是政治手段的继续。"（德国战略理论家Karl von Clausewitz语）这句话，说透了，就是和平手段不能解决的问题用战争来解决。当然我们也看到了战争好像从长矛、大刀到枪炮、炸弹，到飞机、军舰、潜艇，最后到核武器、战略核武器。好像越来越厉害，好像战争就是越打越厉害。这对不对呢？这也对的，是越打越厉害。到了今天，我们就应该看到另一个特点，就是战争武器发展得越来越厉害，破坏力越来越大，大到一个临界点了，什么临界点呢？就是核武器的破坏力，核武器作用的距离都是全球性的，就是打大的核战争的破坏是全球性的，就是没有一个胜利的国家，胜利的国家自己也全部破坏了。在过去几年，在国外也提出一个所谓"核冬天"的概念，就是说要打起大的核战争，所产生的烟雾能把太阳遮起来，全球气候的温度就要下降，下降到冬天，就是你没死，也没有吃的了。当然这是不是"核冬天"，是不是气温真的降到那样低，国外还有争论，因为这不容易计算，全球的气象模型要建立起来也不是很容易的。有的说不是"核冬天"，是"核秋天"，那核秋天也不行啊，老是秋天，也不长庄稼啊。这是说核大战，但科学技术还会引出新的更厉害的武器。美国在宣扬他搞的所谓"战略防御倡议"（叫SDI），最近美国有人讲："你说的是战略防御倡议，光是防御吗？你搞的那些也是可以进攻的，比如说那些强激光炮，要在天上转，还要对准某个城市，光烧就烧坏了，都放火了。"所以美国搞的"严战略防御倡议"，就不光是防御，还有进攻。就是说，把战争搬到天上了，整个空间都是战场，那么这样的战场，请问，还有什么安宁之处？恐怕全球谁要打，谁也被破坏，这是事实。

所以，要打核战争，打大战，也只有美苏两国有资格打了，他们也是用打大战、打核战争来威慑对方的，他们自己真正准备打的仗变了，是打局部战争。这就是美苏战争思想的变迁。美国从第二次世界大战结束到1952年，就是核武器全部研制出来以前这段时期，美国战争的思想是想打常规的世界大战。而从1945年至1953年，苏联也是准备打常规的世界大战。这以后，核武器研制出来了，两家都变了，美国在1953年至1960年准备打全面的核战争；苏联也差不多，稍微晚一点，1954年至1964年，他的战争思想也是核战争，但是慢慢就变了。美国从1961年至1968年就变成了打各种类型的战争了，就是核战争、常规战争、大仗、小仗，各种类型；苏联也是从1965年至1970年中期准备打各种类型战争。从1969年至1980年，美国变成了准备打战区目标和局部的战争，大仗他不准备打了，大仗是做样子、吓唬人的威慑力量，真正准备打的是战区的和局部的战争；苏联在70年代中期到现在，准备打

以核战争为后盾的局部战争，所谓核战争为后盾就是以核战争为威慑的局部战争。美国到80年代又更明确了一步，他准备打中、低强度战争，特别是低强度战争。以上是从美国和苏联在他们公开发表的文章中看到的战争思想变迁。

从这里我们可以看到：真正打大的核战争，谁也不敢打。我觉得从这个高度来研究战争就很有意思了。原来照马克思主义的原理，任何事物都有发生、发展，然后到衰亡，直至消灭。以前看战争好像不是这样，越打越厉害，越打越大，现在看，就看出苗头了，Von Clausewitz那句话也可变成历史了。非战争不能解决的问题也不一定用战争来解决，我觉得这样一个认识是我们应该考虑的。当然这样说并不等于我们不要国防力量了，我们还要国防力量，因为小仗还是要打的，天天在打，我们南方战场不是还在打吗？我们不能解除武装。我们还要建设一支国防力量，防止中等规模的战争，我们也要加强不要让大仗打起来的力量——世界和平力量。

在这样一个情况下，我们来看一看21世纪。我们要看到20世纪战争趋势还要继续下去，当然除核武器外，还会出现其他问题。譬如说，美国的所谓SDI武器，将来科学技术发展，还会有更厉害的武器，但是你要看到越来越厉害的武器反而使世界规模的大战难以打起来，因为破坏力太大，没有战胜国了，这就是我们党中央讲的：“我们看到下世纪，中国还要和全世界爱好和平的力量在一起，我们有可能防止大规模的战争打起来。”这样一个情况是人类历史以前从来没有的。战争没有消灭，还有战争，我们还要建设一定的、足够的、强大的国防力量，这个国防力量不是为了打，而是为了不打，但是得有这个国防力量，不然和平还维持不了。但是世界很可能不发生大的战争，如果照这样发展，世界的一体化就更表现出来了。最近看到一条消息，说现在的世界贸易越来越重要了，世界经济对出口的依赖程度越来越大，世界贸易占世界国民生产的比例在1962年是12%，到1984年增加到22%，这是国与国之间相互依赖的程度在增加。

刚才说过，我们现在还很穷，人家是我们的几十倍，要是我们看将来的60年，如果将来60年人家还用1%的年递增速度，60年后就是现在的1.83倍，现在如果差40倍，60年后40×1.83就变成73倍了。1%的年平均递增率很小了，若年平均递增率为1.5%，60年就是2.44倍，现在的40倍，就变成97.6倍，那么说到建国100周年的60年后，我们希望人均国民生产总值4000美元，是现在的十几倍，我们增加了十几倍，人家又上去，比起人家来我们还是穷的。所以，我们说要达到中等发达国家水平，而不敢说达到发达国家水平，我们这60年要赶的距离是很大的，而我们在怎样一个环境去赶，如果我们搞得很好，可能世界大战打不起来，在这样一个条件下，我们就要看看一些重要问题。

第一个问题，就是人才与智力问题。现在各国都很注意这个问题，都说21世纪

是智力战的世纪，我只是说，在这一点上我们中国人并不怕，我们中国人是聪明的。假如今天一个对一个，我们中国人是可以打胜的，问题不在中国人本身，而在其他，这个问题很重要。

第二个问题，就是还要强调科学技术的重要性。举个例讲，电子计算机将会影响我们整个经济和社会的活动，对这点我们在50年代是估计不足的，但是30多年的发展给我们明确地指出来了。电子计算机是今天生产力里面的一个非常重要的组成部分。科学技术的发展，生产的发展，没有电子计算机是难以设想的。但现在请注意，还有一个问题，就是智能机——有智能的电子计算机。现在的计算机也很了不起，但是也没啥。因为现在的电子计算机是最笨的机器了。它只会干你告诉它干的事，你没告诉它的事它不会干。现在讲的智能机，你可以告诉它一个题目，不完全告诉它这个题应该怎么去解决，它自己会解决，这就叫具有一定智能的计算机了。现在各国花很大力气搞的就是这件事情，若造出来那不得了，那对生产力的发展，整个社会组织的变化将是一个很大的推动。还有其他方面的发展，如超导体的工作，原来是液氦的温度，现提高为液氮的温度，用液氮问题要简单得多，现在还在努力，将来用干冰的温度就行了，那就更方便了。再往后干冰也不要了，在常温下它就是超导，那更了不起了。

以上这些科学技术的发展要千万注意，我也说过，这些发展恐怕会引起再次的技术革命。我以前说了，现在的这一次叫第五次，再一次叫第六次。这第六次产业革命最重要的一个方面就是关于利用太阳能来生产的农业类型的知识密集型企业。现在我国真正注意到这方面问题的还只是种庄稼、种棉花。地地道道的农业我们抓得很紧，至于说其他类型的利用太阳能，通过生物的生产，我们重视得还很不够。前几天大兴安岭森林着火，这是很糟糕的事了，损失很大，不过最后也引起我们重视林业。再有一个，是草原跟草地的利用，我们也很差。其实中国有60亿亩草原、草地，北方的草原有43亿亩，南方的草地有13亿亩。这些数字比农田的数字（不到20亿亩）要多得多。假如光是南方的这些草地利用好的话，我们的畜牧业就可以赶上新西兰。再有一个方面，就是沿海地带发展渔业、海草这些生产，我管它叫“海业”。最后还有就是沙漠也可利用，因为沙漠也不是什么也不长的，我管它叫“沙业”。所以决不只是农业，而且农业、林业、草业、海业和沙业，是五业；而且是知识密集型的企业，现代化的、充分使用了现代科学技术的企业。第六次产业革命就联系到下世纪这些方面的可能发展，这个和生物技术结合起来，它的前途是很远大的。最近看到一条消息：中国科学院水生生物研究所一位副研究员所领导的鱼类基因工程小组，就很成功地改造了鱼类，可大大提高鱼类的生产，这方面的发展前途也是远大的。

另外，我觉得要看到一些由于生产发展了而产生的整个社会的反应，整个社会的文明问题了。所以不但整个科学技术引起的变化我们都要注意，我们还要想想，我们这个国家到下个世纪到底怎么样？刚才说我们才是中等发达国家的水平，人均国民生产总值是4000美元，但4000美元也很多，有很多问题我们应该考虑一下。不久以前我去旁听一个讨论，是关于汽车工业发展战略问题的，我就讲了，我们这个十亿人口的国家将来小汽车怎么样啊？美国在四五十年代，小汽车已经多得不得了，当时欧洲国家还骂美国人："你们是傻瓜，小汽车到处跑，建那么多的高速公路，污染。"现在，英国、西德他们也到处是小汽车、高速公路。这是他们。我们怎么样呢？假设我们也那样干起来的话，这可得早做准备，这要多少小汽车，多少高速公路？这样的问题实际上就联系到下个世纪我们的文明建设到底将会怎样的问题。

上面讲了这么多，是想用我所想到的给大家提一提。今天我们国家所处的世界是怎样一个世界，到下个世纪世界又是怎样的一个世界，我们要建设有中国特色的社会主义，这是必须考虑到的问题，这将是一个高速发展变化的世界，真是"四海翻腾云水怒，五洲震荡风雷激"！

二、国家的整体功能以及改革的整体性

从前我提过一个看法，就是国家的功能是一个整体，要全面地讲，大概也可把它分为八个方面：

第一方面：物质财富的生产。即我们所说的第一、第二产业。

第二方面：精神财富的创造。包括科技、文教、文艺这些方面，或者叫文化建设。

第三方面：为第一、第二做后盾的后勤服务方面，包括所有的商业、服务业、通信、交通等，在国外叫第三产业。

第四方面：政府行政组织管理。最主要的就是在微观搞活的基础上，政府的行政组织管理是宏观的控制和调节。

第五方面：法制。这方面我们要做的工作很多，建立社会主义法制这是一件很大很大的事情。

第六方面：国际交往。包括国际事务、外交、友好往来、人民团体的往来，也包括国际贸易。国际交往应该是全盘考虑，不能分散地考虑。

第七方面：国防。

第八方面：我们生活的环境。这个非常重要，这件事现在重视得还很不够（环

境保护、三废利用等）。我曾经提出过，我们说环境保护太保守了，现在的科学技术完全有可能为我们创造一个前所未有的好的生活环境，只不过我们没有注意罢了，我们自己给自己搞了一个很糟糕的环境。

总的讲，有以上八个方面，而八个方面又是相互关联的，是一个整体，我们必须认识到，一个国家是一个整体，不可分割。

再就是怎么来管我们这个国家。我刚才也说了，就是要用宏观的方法，不能用微观的方法。对此我曾经在体改委的一次发言中讲了一个科学上的故事，我说：在牛顿力学出来以后，科学家认为宏观无非是物质运动，物质运动的规律现在都已掌握了。牛顿定律好像可以预见所有将来的事情。有这么一件很有趣的事：法国物理学家拉普拉斯写了一本书《天体力学》，写好后，当时拿破仑是皇帝，他就送了一本给拿破仑。拿破仑也不懂力学，但他召见了拉普拉斯，拿破仑问拉普拉斯："你写的这本书里怎么没有上帝？"拉普拉斯回答说："我不需要上帝。"意思是说，力学已经可以预见所有物体的运动，所以我就可以预见世界的发展，用不着什么上帝。那么拉普拉斯的这段话有没有道理？有一点道理，但也不完全。问题在哪里？问题在于拉普拉斯不可能知道所有世界的物质的每一部分的现在位置和现在的速度，比如说，我们这个屋里的空气主要是氧分子和氮分子，那么你要预见今后这个空气整个将来的历史，你必须知道这屋子里空气的每一个氧分子、氮分子的位置和速度，这可能吗？不可能。因为在这个屋子里空气的每一个氧分子、氮分子有亿亿万万个，数不清。这就像要给国家的每个企业都下指令似的。你们能知道任何一个时间里所有企业的运转情况吗？等他报告上来已经过时了。所以拉普拉斯的话也不可能实现。后来在物理学中就出来另外一个方面了，就是统计物理学。这是本世纪奥地利物理学家玻耳兹曼提出的。而玻耳兹曼当时搞统计物理学，他的同事责难他：你玻耳兹曼怎么搞的，本来客观世界的因果关系是明确的，你怎么搞了一个统计物理学，把这个因果关系给模糊起来了？玻耳兹曼无言回答，后来他精神失常，自杀了。这个故事，实际上是说，不是说我不能够知道，而是我实际上做不到。我觉得在社会主义国家里，由于我们的目的是一致的，因此我们可以用微观管理的办法将指令下达到每一个企业，但是问题在于企业的状态不可能每一个瞬间都知道，实际上最后下的指令是糊涂指令。在这样的情况下，与其去微观地下指令，还不如让其自己干，但要在法律规定的范围内去干，这样可以用调节方法来控制市场，现在讲发展计划指导下的商品经济，即微观要放活，宏观要管理。在这样一个指导思想下，我们国家的宏观管理方法就需要改革，过去我们采用的方法有以下几种：

一是经验法。譬如说，我见到什么问题就抓什么，也叫分散处理办法；还有一个，就是抓重点法，认为哪个是重点就抓哪个；还有一个常说的办法叫"摸着石

头过河”。我觉得这几个方法面对整个国家这样一个复杂问题，而且又是在急剧变化、发展的社会，要真解决问题恐怕是困难的。我最近讲过：“放卫星这是一个很复杂的问题，我们可不能摸着石头过河，就是说，火箭上去了，再测它的位置、速度，等位置、速度测下来，知道它要往哪儿去了，再看看去的地方对不对，若不对，就再纠正一下，这不就叫摸着石头过河嘛！要是这样干，那卫星不知要放到哪儿去了。我们是把轨道的可能性都算好了，然后预先设计了控制系统，然后还设计好了万一出现一些不正常的干扰将如何处理的系统。这些都由电子计算机控制，这时才能放卫星。所以我看刚才这几个经验方法恐怕都困难。要说理论方法，现在关于社会主义建设的理论很多，这些理论我认为也都有道理。但我想假设问一下写理论文章的人：“你敢不敢签字，我按你说的理论方法去下决心干，出了问题我可是要问你的。”恐怕他不敢签字。若有一个重大国家建设问题，请了专家们来讨论，专家们都会说得很有道理的，并且都有一套方案。但很可能专家们最后几句话是：“这是我的见解，我可不敢保证你按我这个办法去做一定行，不出问题。”另外还有一种常见到的情况，就是介绍某国在某个历史时期是如何办的，好像很成功，那么我们是不是就可以照他的办呢？这恐怕就说不准了。别国在他的具体条件下，在一定的时期内是一个成功的措施，拿到我国行不行？恐怕借鉴外国的办法也没把握。现在我们国家在发展、改革中所出现的问题，而且正如前面所讲的，是高速发展和变化中所出现的问题，使我们感到确实复杂，老办法是不够用了，除了上述的几个方法外还有另外一个方法应该考虑，这是我要介绍的系统工程。

首先要讲一点历史。在第二次世界大战中，开始某一国的统帅部都感到战争的复杂性，当时就找了一些完全不懂战争的人（搞数学、搞理论的人），请他们想一想有没有科学的办法来处理战争，这就是在第二次世界大战中发展起来的“军事运筹学”。这个方法后来很灵，很解决问题。所以在战后就用到公司、企业的经营管理中，就把以前的“科学管理”换成了“管理科学”。管理科学就是将军事运用上的一些数学方法应用到企业的组织管理中，但这也是不容易的。人要认识千个问题是很不容易的，外国人也是这样。举一个例子，就是鼎鼎大名的福特汽车公司的例子。老亨利·福特原来出身于农民家庭；他16岁跑到底特律当工人。他很聪明，开始搞汽车成功了，之后他看到社会的需要，就开汽车公司。他只是一个很好的技工，他不懂管理，所以他开的汽车公司倒闭了，破产了。但老福特也很倔强，他不承认失败，第二次组织汽车公司，但他还是不会管理，结果又倒闭了。第三次又组织汽车公司，这次他吸取了前两次的教训，找了一位组织管理专家来当经理，这位专家用了三项措施，第一要进行市场预测，第二要采取流水作业法，第三要建立销售网。这次办起的汽车公司就成了著名的福特汽车公司了。在这个时候,亨利·福

特被胜利冲昏了头脑，他以为他不需要这个总经理了，他以为他自己行了，又用他的老的管理方法，结果，在第一次世界大战以后，福特汽车公司又走向下坡路。到了1930年左右，公司又不行了。亨利·福特这才承认自己那二套方法不行了。到了1945年，他让位给他的孙子，他的孙子跟他爷爷不一样了。他是在美国哈佛大学学企业管理的，他接管以后，又请了他的同学帮忙，这样福特汽车公司又上升了，可以和通用汽车公司平起平坐了。但是有意思的是这位后代也被胜利冲昏了头脑，又把他的班子解散了，结果又垮台了。经过这一系列的经验和教训，他们才真正明白，不用现代的管理方法是不行的。大家想想，前后几十年的时间，几次破产，再建，又危机，最后才认识到用科学的管理方法，用系统工程是必要的。所以说利用系统工程的方法来管理，是人类的经验、教训总结出来的。

今天外国大的公司都是用系统工程的方法来管理，没有不用这个办法的，并且可以说得很形象，大公司的董事会总在大楼的最高层，而它的咨询机构就紧接在下面一层，大老板靠的就是下面的这一层，关系密切啊。但是我们要问，在资本主义制度下的系统工程方法能不能用到国家管理上呢？可以告诉大家，这不可能，也做不到。因为资本主义国家内各种利益集团在竞争，没有一个共同的目标，所以国家规模的管理不能用科学方法，他们对这个问题的评论，都讲不成功。有的说："专家胡说八道。"有的说："总统所讲的根据某某预测而提出的某某计划都靠不住，那是为了下一次竞选用的，数字都是假的。"这很清楚地说明了一个问题，这些科学方法在资本主义国家是没有法子应用的，它只有在大企业中，在企业内部才可以用；到了国家规模它就不能用了。去年在软科学会上我讲了这个问题，我说："我们相信系统工程、软科学这些方法在我们国家的管理上是可以用的，因为它是科学的方法，它与马克思列宁主义、毛泽东思想完全可以结合起来。同志们要看到资本主义国家利用这些方法在管理国家上的失败是必然的，因为他的社会制度是资本主义。这段话是说明在我国完全可以用系统工程这个科学的方法，而且这些科学方法在近半个世纪以来，在更小的范围内如军事作战计划中，企业经营方针的计划中，是成功的。现在我们只是把这些成功的经验用到国家规模，而且这个运用是我们国家——社会主义中国得天独厚的，资本主义国家是不可能用这个方法的，显然是在外国发展起来的一个科学方法，但是我们可以搬来用，与我们的社会主义制度结合起来，与我们的马列主义、毛泽东思想的理论结合起来。

前年，中央领导同志在全国党的代表会议上就讲过："改革是一项伟大的系统工程。"我觉得这个结论是非常对的。下面我讲一讲具体应该怎么办。

我举一个用系统工程的成功的方法：航天工业部的系统工程中心，在过去几年中，他们给国家做过一些咨询工作；如关于粮油倒挂这个问题，他们做出了一个很

具体的分析，给国家提出了建议，这个建议得到国务院的赞赏。下面我说说他们是怎么做这个工作的。

第一条，系统工程的这些科学方法、模型都是定量的方法，但是在国家这些复杂的经济问题面前，怎么才算是建立了正确代表客观实际的模型？在系统工程中，电子计算机里要建立一个模型，就是事物之间关系的模型，这个模型怎么建才能反映事物之间深深固有的关系？这要靠经验和学问，这叫定性的分析，所以这个中心的成功就在于他们认识到了这个问题，就是光靠电子计算机专家、系统工程理论专家是不行的，还要有真正的有经验的经济学家来参加，他们把这一条叫定性、定量相结合。我觉得这样一个看法是符合辩证唯物主义的。

第二条，就是三个方面的力量要协同。哪三个方面呢？定量的方面就是系统计算、系统科学、电子计算机这方面的专家，这是一方面；然后就是要有经验、有知识的经济学方面的专家；第三个方面，数据、资料、情报。他们工作做得有成绩，就在于他们把这三个方面的力量结合起来了。他们利用这些经验对国务院所给的一些咨询课题已经做出了成绩，今天是不是可以考虑把他们这些经验更进一步地扩大、推广到国家的整体设计中？我看可以。

我国在系统科学基础理论上所达到的水平在世界上还是领先的，有了这个理论，有没有计算的工具，这也很重要。我国计算机是在发展两弹工作中搞起来的。今天我国容量最大的、运转速度最高的电子计算机，就是所谓的“银河”电子计算机。该机连同它外围设备的水平也是世界上先进的。所以，技术科学的基础我们是具备的，我们做计算机的人还是很有成绩的。另外计算机科学的理论我们也是具备的。

第二个方面就是有经验、有学问的专家，这个我们当然有，在座的就是，还有不在座的。我们多年来搞经济工作和政府工作的专家很多，也包括刚才讲的理论专家，刚才说了让理论专家签字、画押他觉得不好办，但是现在不要签名画押，就请你提意见，提了意见我按你的意思设计出一个模型，算出结果，然后再请你来看看行不行，你若还有意见，我还可以改，改了以后再算，算出结果再报告给你，你还有什么意见。这样不断改，改得你说不出意见来了，所有的专家都说不出意见来了，那就是我们中国最高智慧的结晶了。上面讲的航天工业部系统工程中心这几年工作中所谓三个方面的结合就是这样：他们老是摆出他们的计算结果，向经济各方面的专家征求意见，有了意见就改，改了再征求，这样就可以把全部经验理论知识综合汇总起来。单项的理论成果，单条的经验是很难概括全貌的。但是一点一滴的东西，汇总成一个整体，而这个整体又有因果定量的计算，这个东西就是完整的了。

第三个方面，数据资料问题，这个问题据我所知，不是没有资料、数据，而是资料、数据太分散。航天工业部系统工程中心却走了一条捷径，即：他们的任务是国家体改委给的，以前国家体改委的主任拿着“令箭”能到处打开门，他们成功了。别人要是没有这个“令箭”，恐怕不行。所以说，不是资料、数据没有，而是怎样让它起作用，我觉得这是一个很大的问题。我们要明确“信息产业”这个概念，因为资料、数据应该是独立出来的，不能锁在哪个部门，受到部门的限制。今天是迎接信息社会的时代，我们应认识到信息也是商品，信息的要求一是准确，二是及时，这就是信息商品的质量，提供这些高质量商品的当然要取得补偿，这样就可建立信息产业。从国际上看，也是如此。原来这些数据、资料也是束缚在哪个部门或公司的，后来的发展，这些资料部门都独立出来，成为单独的公司，它就是信息资料公司，它提供的就是信息的、数据的、资料的商品。这是说信息资料的收集、整理是一个信息产业。我们国家却是分散的，虽然资料非常丰富，但还没有组织起来。

另外，我也想到每次人民代表大会、全国政协会议，代表们提了很多的意见。我在政协会议简报上看到政协委员的意见，如说：“我提的提案得到重视，正式文件都到了国务院有关部门了，有关部门也研究了，而且给了回音，回音也转到了原提案人。”但是原提案人说：“我看了回答，它是不解决问题的。”我觉得这个问题也不怪谁，因为往往一个提案，意见要落实不仅仅涉及到一个部门，它要涉及到很多部门，其影响也是很多方面。要求一个部门做出回答，很难，更不要说人大代表、政协代表所提的意见，是一得之见。他的意见要是放到整个国家来看，怎么样，就很难说了。去年我在政协说：“我们政协委员提的意见都很好，但是恐怕只能作为零金碎玉，不是一个完整的大器。”那怎么办呢？就要把他提的意见、提案作为一种信息储存起来，当考虑到某个问题时与这个信息有关系，就可从信息库中提取出来，这样我们就真正建立了一个意见信息体系。我想我们社会主义民主是真正的民主，将来我们还不光是人民代表、政协委员提的意见，任何一条人民提的意见我们都要重视。现在往往是有反映，但没法办，等过些日子就忘了。没有集中信息的体系将来在更大范围内考虑，报纸上文章提的意见也都是信息，也要储存到信息库中。

我想，这样一个信息体系，那可真是我们社会主义国家的信息产业了。建立这样一个体系，我们刚才说的第三方面的信息资料体系就可搞起来了，这也就是信息产业。

搞这样一个三大方面的体系的技术我们国家是具备的，这又说明了我们要做的事情是完全有可能做到的。要做的事就是报告题目——社会主义建设的总体设计

部。由于这个总体设计部是国家的或者国务院的，下面的国家部门还可设分设计部。但是，总体设计部与分设计部的关系是密切的。分设计部不能独挡一面，不管其他，也不可能独挡一面，它必须在社会主义总体设计部总的规划、计划之下来搞它的一部分工作。我想这样一个社会主义建设总体设计部的体系，无非是给党和国家提出咨询的意见，或者它自己认为哪一个问题要研究，经过研究提出报告，或者接受国家的要求，为解决某个问题提出一个咨询报告；这都可以。它的报告经过刚才说的既定性又定量的、全面的、科学的、分析的结果，当然我们不能保证它绝对不错，但是我想这样一种做法是尽现代科学的可能做的最准确的、最全面的分析。当然，如果国家领导人接受这种咨询的意见，定下来这么办了，实践的结果也只能大部分对，还有小部分不对，因为总体设计部的工作也不可能做到十全十美，但是误差的这部分要比现在的做法小得多。而且有了那样一个分析研究，有这套办法，出现了一些跟预见的不完全一样的，这个改变也可以返回来调整这个模型，做必要的控制和调节，即使有一点差别也是可以解决的。这样的方法是我们现代科学所能做到的最准确的答案。万一实践中有点不一样，也不怕，也比较容易调节过来。这样的做法我们中国还是有经验的。老的经验，远的就是搞原子弹、氢弹的经验；近的就是我刚才举的航天工业部系统工程中心的经验。我们国家还有其他的部门也做了工作，也有成功的经验，许多关于发展战略的研究就属于这个类型。所以我今天讲的就是把这些成功的经验综合起来，把它应用到整个国家规模，而应用到国家规模的可能性，这也是有理论依据的，就是我们是社会主义嘛！

三、社会主义建设理论的发展和人才的培养

最后，我想，在这样的基础上，有了这样的实践，我们对于社会科学，整个科学的发展将是一个很大的促进。譬如说，许多新的学科就可由这种实践逐步地发展起来，像经济学中除政治经济学外的生产力经济学、金融经济学。像行政方面，现在有许多论述叫行政管理学。我想不用“管理”两字也行，就叫行政学。行政，到底它的规律是什么，有没有规律，应该说在我们刚才所设想的体系中它应当是有规律的。行政学，它还是行政日常事务的学问，即办公室自动化。行政学还有它的理论基础，那就是社会主义的行政理论，它应该是政治学。至于说精神财富的创造这个领域（刚才我说叫第四产业），新的学说也很多。以前我提过，比如说整个文化工作有文化学，科学有科学学。整个文艺工作作为一种社会活动，它的规律就应该是文艺学的规律。联系到人民行为的就是行为学，国家影响人民的行为，我想有两条：一条是做思想政治工作。做思想教育工作，有一个怎么做的问题，现在成了个

大问题。不是说给大学生做思想工作，他就听不进去吗？怎么做思想工作这是一门学问。再一条就是做了还不听，那只能法治了，用法律来管。这些都是行为科学。所有上面讲的这些学问都要用系统科学的理论，即系统学，我们要建立并发展系统学。

我想，这样一个社会主义建设总体设计部的体系也不光是一个工作单位，它还可以附设研究生院，培养人才。总的来讲就是科学技术的大繁荣了。

在结束这一讲的时候，我要说：建设社会主义总体设计部这个概念，不但是我们现在建设具有中国特色的社会主义所必要的，我认为不这样搞是很困难的，而且我们看到这个途径有办法可以组织各方面力量来搞。这使我又想起恩格斯在110年前（1877年）讲的一段话："人们自己的社会行动的规律，这些直到现在都如同异己的、统治着人们的自然规律一样而与人们相对立的规律，那时就将被人们熟练地运用起来，因而将服从他们的统治。人们自己的社会结合一直是作为自然界和历史强加于他们的东西而同他们是相对立的，现在则变成他们自己的自由行动了。一直统治着历史的客观的异己的力量，现在处于人们自己的控制之下了。只是从这时起，人们才完全自觉地自己创造自己的历史；只是从这时起，由人们使之起作用的社会原因才在主要的方面和日益增长的程度上达到它们所预期的结果。这是人类从必然王国进入自由王国的飞跃。"再读这段话，我认为这是一个科学的预见。在马列主义、毛泽东思想的指引下，又结合现代科学技术，我们现在已经清楚地看到了实现这个预见的途径了。所以我觉得我们应该有信心，我们看到现在的世界，看到2000年的世界，看到21世纪的世界。我们有一条路，我们有办法，我们一定会胜利！

选自《钱学森文集》卷五，第087～104页，北京：国防工业出版社，2012年1月第1版。

思维的系统观——思维系统[①]

研究人的思维是自古以来为哲学家们所重视的，这门学问就是逻辑学。它的涵义是指思维的规律，并不限于抽象思维；只是后来出了专门着重研究抽象思维过程的数理逻辑，而数理逻辑又用来作为数字电子计算机软件技术的理论基础，才把逻辑同抽象思维等同起来，称为抽象（逻辑）思维了。胡世华同志在一年多以前就向我指出这一点，这是对逻辑学的一次正名。在下面，我就由此出发，提出一些不成熟的看法。

一、逻辑是思维系统的基层单元

经典的逻辑是一阶逻辑，也就是抽象思维推理过程中，从前一步到下一步的规律。因此可以说：经典一阶逻辑是抽象思维过程中微观的单元过程，而一个全部抽象思维过程是由这样的单元过程组合起来的。比单元过程更高一个层次的一阶思维系统，它也可以是很多很多单元、很多很多步骤组合而成的；例如用电子计算机证明“四色定理”，其复杂程度就非常高，以致一位数学家如果不靠计算机，要在一生中只用自己的脑子，是难以完成证明工作的。

近年来，随着人工智能问题的提出，人们发现经典一阶逻辑是不够用的，必须扩大范围，于是出现了许许多多“非标准逻辑”（见Raymond Turner：《Logics for Artificial Intelligence》，Ellis Horwood Limited，1984），如模态逻辑（Modal Logic）、三值逻辑（3-Valued Logic）、直觉主义逻辑（Intuitionistic Logic）、时序逻辑（Temporal Logic）及模糊逻辑（Fuzzy Logic）等。但所有这些都只是扩大了思维单元过程，即从一步到下一步可供选用的方案，都仍然是思维过程中的微观单元过程。

因此逻辑学近年来的发展并没有突破微观单元思维过程。当然，这些发展仍然是重大的，因为它为架构比抽象思维更广泛的思维过程提供了基础构件。比单元过程更高一个层次的一阶思维系统可以不限于抽象思维了，而这是一大进步。这方面的研究还要进行下去，也许还有未发现的思维单元过程。

① 钱学森写于1988年2月的一篇文章，未公开发表。

二、一阶思维系统的类别

一阶思维系统的类别在近年来已讨论过。现在看来，我们当前的工作应该解决如何从上述逻辑单元过程来构筑一阶思维系统。这就是抽象思维、形象（直感）思维、社会思维以及特异思维（灵感思维）等。这里面只有抽象思维即从前称为逻辑思维的，已经基本完成。所以抽象一阶思维系统也可以作为建立其他一阶思维系统的范例，对我们有启发。

三、二阶思维系统——解决一个课题的思维

多年来人们已经悟到要解决一个课题，即便是比较简单的课题，单靠一种一阶思维系统，如抽象思维是不够的，至少要用形象（直感）思维与抽象思维的配合。所以解决一个课题的思维是更高层次的，是二阶思维系统。

到这个层次，思维系统要起作用，要能解决一个课题，就不能不依靠各种知识和信息，而且要随思维过程的进展不断提供知识和信息。所以用系统科学的术语来表达，二阶思维系统是开放的系统。已经是二阶系统了，所以也不会是简单的系统，而是开放的大系统。

四、更高层次的思维系统——决策咨询工作

到了决策咨询工作，要解决的、要作出回答的问题已不是单一的课题，而是课题群，有相互关联的课题群。参与工作的也不是一个人、两个人，而是一个专家集体，有几十甚至更多的人。这里社会思维的集体作用就非常重要了。

这种思维过程必然非常复杂，其规模比思维大系统还要大，用系统科学的术语来说，就是思维巨系统。

这样的思维巨系统也是开放系统：决策咨询工作要有现代化的信息情报工作的支持，还要发展计算机化甚至计算机专家系统来有效地利用大量的信息情报资源。

建立和开动这样的开放思维巨系统，将是一门工程技术——思维系统工程。

五、思维的系统观

上述的观点，用了系统科学的概念，以逻辑单元思维过程为微观基础，逐步构筑单一思维类型的一阶思维系统；解决课题的二阶思维开放大系统；然后是决策

咨询高阶思维开放巨系统。这就是思维的系统观，是系统科学方法在思维科学中的应用。它可能有助于思维科学的研究。从这个认识也可以看到，目前思维科学的重点，应该放在从逻辑单元构件到一阶思维系统的合成上；这一步成功了，智能机也就有了理论基础。

选自《钱学森文集》卷五，第190～192页，北京：国防工业出版社，2012年1月第1版。

要为21世纪社会主义中国设计我们的教育事业①

1984年我写过一篇关于教育的文字②，认为我们应该在马克思主义哲学的指导下，认真总结我国教育事业半个多世纪以来的成功经验和失败教训，并参考现代教育科学的理论，找出一条符合我国国情的办教育的道路。但我在那时仅仅看到本世纪末，只提出了一个轮廓的图案，虽说那也是为了21世纪的社会主义中国，可又没有具体指出哪些才是21世纪我国教育所需要的。所以我想在这里谈谈这个问题，也是参加《教育研究》组织的关于我国教育问题的笔谈，并向同志们请教。

一、智力战对我国教育提出的要求

人类社会中生产力的发展已经过几次飞跃——产业革命：继18世纪后期的所谓“工业革命”的产业革命之后，又有上世纪末、本世纪初的所谓“垄断资本主义”组织的大横向联合，以至跨国公司的产业革命；现在正在兴起的是以信息产业为龙头的又一次新的产业革命。到下一个世纪还会有现在还看不清的产业革命，如生物技术的发展可能会激起再一次新的产业革命。尽管现在还看不清21世纪的事，但回顾总结历次产业革命对劳动者素质的要求，有一点是十分清晰的：对劳动者教育文化水平的要求是越来越高了。从前一个劳动者会用简单工具，能干活就是个好劳动者；现在一个劳动者使用的机器，有的是复杂的机器，甚至是有电子计算机的复杂机械系统，对劳动者教育文化水平的要求已经不是什么小学的“基础教育”所能满足的了，至少要有中专的水平，甚至要大学水平。今天我们已从实践中发现，某些进口的高级机器生产系统需要高等院校毕业的技术人员操作运转才能获得应有的效益。当然这在我国还是个别现象，但它给我们一个非常重要的启示：把体力劳动与脑力劳动分家，把工人，农民与知识分子分开的古老观念该抛弃了。“万般皆下品，唯有读书高”的封建思想更是要不得！共产主义的理想之一——消灭体力劳动和脑力劳动差别，要提前实现了。在21世纪，国与国的竞争，综合国力的比赛，最关紧要并有决定性的，是公民的教育文化水平。水平高的占优势；水平低的处劣势，甚至有被开除“球籍”的危险。

① 刊载于《教育研究》1989年第7期。

② 钱学森.关于教育科学的基础理论[J]. 华东师范大学学报（教育科学版），1984（4）：1～6.

这就是智力战。

世界各国都在研究这个问题。美国也在研究教育问题，认为他们的教育事业问题严重，要改革。美国科学促进会、国家科学基金会、国际商用机器公司、卡内基公司、梅隆基金会以及参与其事的几个州政府，共同在制订一个所谓“2061计划”，意思是说，为那些能活到2061年哈雷彗星再次回归的美国公民制订的计划，即研究现在刚出生的美国公民，他们未来该受什么样的教育，并该有什么样的美国教育制度。已经出了一本书，书名就叫《所有美国人都需要的科学》，书中提出要打破老框框，重新组织教材。这说明他们已经看到21世纪了。

我们要推进中国的社会主义现代化建设，再不放弃陈旧的观念，再不认识到人民素质的提高和公民教育水平的重要性，就要犯大错误了。

二、到本世纪末和建党100周年的两个大阶段

以前我们讨论的到本世纪末我国教育事业的大轮廓是[1]：儿童6岁入学，6年制小学，每年毕业的小学学生，年12岁，有大约2000万。其中约有一半进职业学校，3年毕业，每年1000万。另一半小学毕业生进入初级中学，每年也是1000万，3年毕业，年15岁。这1000万初中毕业生，其中多一半，可能是600万进中等专科学校，职业中学和技术学校，3年毕业，18岁；其余400万初中毕业生进入高中，3年毕业，在大大改进中小学教学效率的基础上，达到今天大学二年级的水平，也就是18岁达到今天大学二年级的水平。从这些高中毕业生中选拔大约300万入大学，4年毕业，达到今天硕士水平。我估计这样一个到本世纪末实现的我国教育体系，年教育经费约需1000亿元。按目前的估算，如果到本世纪末，我国国民生产总值为26000亿元，则届时教育经费占国民生产总值不到4%，应该是能够做到的。

这是到本世纪末，即第一阶段的教育体制改革。这实际上是总结我国过去半个多世纪的成功经验提出来的①，所以是完全可以做到的。第二阶段，即到2021年建党100周年，那时要求我国教育事业有更大的进步，要为21世纪做好准备。

到那时，我国要为每一个青年接受高等教育建立必要的体制。可以考虑把入学年龄提前到4岁，而且像北京景山学校那样，十年一贯制，到14岁高中毕业。这个高中毕业水平又如前面所讲，实际是今天大学二年级的。然后再读大学4年，达到硕士水平。这就把那时和从那以后4岁入学的中国小“公民”用14年时间培养成18岁的硕士。我初步估算，这样一个教育体系，开始时每年经费将是8400亿元。而到2021年我国国民生产总值可能将达100000亿元；所以到时每年教育经费占国民生产

① 钱学森.关于教育科学的基础理论[J]. 华东师范大学学报（教育科学版），1984（4）：1~6.

总值的8.4%。这是今天一般发达国家教育所占的比例，也是我国国民经济发展以后的比例，所以也是可行的。

但这第二步迈得比较大，不完全是过去的经验所能保证的，所以要创新才行，如何创新？这在下面谈。

三、教学方法的革新

首先要讲讲教学方法革新的可能性。

第一件已经有了实验结果的是：小学就可以引入抽象思维的教育。在过去，人们总以为小学生只能作知识的累积，教会简单的加减乘除，至于逻辑推理，那是在初中后期的事。但中国科学院心理研究所的刘静和同志和她的同事从50年代就开始对小学生进行数学教学试验，而且用辩证逻辑作指导，试验很成功，近年来已在全国办了上千个实验班，教材已汇编出版①。实验的结果是学生理论推理的能力大大提高，比以前可以提前6～7年。小学生因为有了抽象思维的能力，不但数学知识丰富了，同时其他课程的学习也变得更聪明了，对课本不要教师讲，自己就能读懂。这不是一件非常重要的革新吗？

第二件也是已经试验了的：把现代信息技术引入教学中来，即电化教育。这就是用通信卫星，把一个教师的讲课用电视广播到全国的课堂，而课堂也不是传统的一大间教室，全国都成为一个大课堂了。这样，一位优秀教师可以代替上千万教师向全国的学生授课，学生旁边只需有辅导教师就可以了。而利用通信卫星远距离传播电视节目的技术和电视录像技术我国已经完全掌握，设备生产能力也有，用到教育事业上只是一个推广应用的问题。

第三件是教学方法的革新：电子计算机教育。这已经有了开端，但还需要开拓发展。我国现在已经生产出用于青少年普及计算机知识的微机——中华学习机，今年就将生产CAC—1型等20万台。而已有的学习机就有10多万台，并有7000名教师参加了计算机培训，40万名中小学生参加了计算机教育。李铁映同志曾指出：我国电视机和录音机的保有量都已达到1亿台上下。把电视机作为监视器，把录音机作为存储器和语言系统，家庭再花几百元买个中华学习机，将构成一个比较完整的“学习系统”。这不是说我们在计算机教育方面已经有了开端吗？今后再在软件和数据库方面加以努力，那么诸如使用电子字典和电子词书之类的工具（经手写和打字后就有读音及条文解释，不必翻书）是容易做到的。

还有一件教学方法的革新是国外已经试行了，但我国似乎还没有做：用电子计

① 现代小学数学实验协作组．现代小学数学（试用本）：第十册[M]，北京：科学出版社，1986．12.

算机和必要的信息数据库同学生对话的教学系统。在实际工作中有很多问题不是规定一些条文、规则所能解决的，而是要在复杂条件下根据决策人作出的正确判断才能解决的；判断错误，就会受损失。我们常常把这种判断能力称为工作经验；而一个刚毕业的学生，初出茅庐，没有经验，常常失误。只有在工作中干了几年，遇到各种复杂情况，积累了成功的经验，也有失败教训，增长了见识，才知道该怎么干了。这几年的经验积累过程现在可以缩短了，办法是把复杂的问题放到电子计算机和信息数据库系统中去，让操作的人，也就是学生跟它对话，电视屏上显示出一个复杂的情况，学生根据自己的判断，回答处理的答案，打入电子系统；然后电子系统下评语，是优良，还是可以，或失误，给出结果。全过程只几分钟，不像实际生活中要几天，一个月或几个月的时间间隔，而且无实际风险损失。这样，青年人学得很快，一个星期或最多几个月就锻炼出来了。这实际上是把人工智能的专家系统用到人才培训上①。这不是教学方法的大革新吗？

上面讲的四件教学方法的革新只是我个人所知道的，一定还有许多我现在还不知道的，所以教学方法的革新是大有可为的。

四、教育观念的革新

不久前见到查有梁同志写的一篇论21世纪教育的文章②，讲到教育观念必须转变，教育体制灵活多元，教育模式综合互补，都很好。关于21世纪我国教育事业总的轮廓前面已经说了，是全民教育。但我以为最根本的是教育观念的革新，这是近年来大家热烈讨论的题目，在这一节里我也说说个人的看法。我们的出发点是：要把国家全部青年培养成硕士和硕士以上的毕业生。

教育是传授知识的；所以第一个问题是：在今天看来，什么是知识、知识的体系？我以为③④⑤⑥人类知识有个科学技术的体系，这是系统化了的知识，而在这个科学技术体系的外围还是许多不能纳入体系的片断点滴知识，有的是一得之见，有的是尚未经充分论证的见解（如资本主义国家的许多关于社会和经济的理论）。再在这之外的，是人类实践所得的认识海洋，谁也说不清，很模糊，但也不是一无所知。所有这些加在一起就是人类的全部知识。核心体系和外围，以至认识海洋都是

① Chris Elgood. Handbook Of Management Games[M]. 2nd Edition. Gower Publishing Company, 1981.
② 查有梁. 21世纪的教育展望与选择[J]. 科学导报，1989（2）：40～43.
③ 钱学森.社会主义现代化建设的科学和系统工程[M]. 北京：中共中央党校出版社，1987.
④ 钱学森.发展地理科学的建议[J]. 大自然探索，1978（1）：1～5.
⑤ 钱学森.智慧与马克思主义哲学[J]. 哲学研究，1987（2）：3～5.
⑥ 钱学森.关于实践与文化“哲学与文化”研究提纲的通信[J]，哲学研究，1989（4）：54～55.

有交往的，不是封闭的；随着人类社会实践活动的不断更新、充实，最终还会有结构性的变化。例如在200年前，能说得上是科学的只有自然科学；而看到21世纪，我以为科学技术的大部门就有10个：自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学，地理科学、军事科学、行为科学和文艺理论。除文艺理论外，其他9个大部门都有三个层次：基础学科、技术科学和工程应用；每个大部门又都有一个过渡到科学的哲学，即马克思主义哲学的桥梁。依照上述10大部门的次序，它们分别为：自然辩证法、历史唯物主义、数学哲学（元数学）、系统论、认识论、人天观，地理哲学、军事哲学、社会论和美学。这10架桥梁同辩证唯物主义这个马克思主义哲学的核心，构成马克思主义哲学的整体；这一哲学体系比起经典的哲学四大块"[①]充实而又系统得多了。然而，属于这个科学技术大体系的学科数目，可能达到上千个或几千个。这也就提出一个难题，高等院校如按老规矩设系，一个学科一个系，那就会有几千个不同的"系"，几百个不同的"院"，而且科学技术体系又不是固定的，是发展变化的，今后还会变得更快，这种老模式的僵化制度总是不妥当的吧？这不就说明观念需要革新吗？

学科的分隔不但对院系的设置会造成麻烦，而且在今天和今后，学生离开学校进入社会所面临的工作都不是单一的，总是综合多方面的，所以出来的硕士，如果其知识只限于一个学科，不知其他，那将是书呆子，教育就失败了。我想21世纪中国的公民，即一位硕士，应该受全方位的教育，有以下6个方面的素养，即：一是要有马克思列宁主义毛泽东思想的素养和知识；要有正确的世界观，并会用马克思主义哲学去指导工作。二是要知道他所在的世界，熟悉世界的地理环境，各国的人情和经济；这也就要知道世界各国的历史。三是要对科学技术的发展、当前的科技成果有个了解；能看得懂科技新闻报道和各种成就的信息；科学技术是第一生产力嘛。四是要有文学艺术的修养，要会运用形象思维去解决抽象思维所不能解决的实际问题；要会在实践和知识都不具备的情况下作出判断。五是要懂得点军事科学，因为竞争就如同打仗，要有战略、战役和战术观点；据说日本的企业家就抢着学我们的《孙子兵法》，连我们的《三国演义》和《西游记》都当做经营方法来学。六是要懂得卫生和锻炼，身体健康也可以益智[②]。这6个方面是每个公民，每个毕业生所必须具有的。我们的目标是博的基础上的专，和专的引导下的博，博与专要互相配合。

从这些观念出发，我想21世纪每个中国公民在受了上述教育之后，18岁硕士毕业了，参加了工作，如果感到学识还不够，要再深造，读博士，以至"博士后"，

---

① 徐俊忠.哲学体系的"板块结构"并非始于斯大林[J]，现代哲学，1988（4）：46.

② 吴一.气功开发智能与智力层次的初探[J]．大自然探索，1986（3）：103~106.

那就不必设置专业，博士生或博士后学员自己选择研究课题，提出学习计划，由学院的委员会审批就行了。这在形式上又回到欧洲上个世纪的学院培养方式，但有新时代的内涵了。

经费每年要占中国国民生产总值8%以上的教育事业是一个庞大的事业，要动员全社会来参与。举例说，教师队伍就要扩大，不能只限于专职教师，要动员全社会来当教师，一切能挤出时间从事教学的人都要受聘做兼职教员、兼职讲师、兼职教授。这样可以把21世纪中国社会上为数众多的退休人员积极性调动起来为教育事业出力。另外在职工作人员，不论从事生产，还是进行管理、行政、创作或者研究工作的人，他们在实践中的新经验，可以不失时机地传授给下一代新人。

以上所述的这些看法，可能是不全面的，我也只想在这里讲出来，作为参加21世纪社会主义中国教育问题的探讨。

为21世纪社会主义中国设计我们的教育事业是件艰巨的任务，现在就要开始具体做的是逐步实现第一阶段的改革和改造，这个内容比较清楚并且把握性也大，应该计划到2000年在总体上全部实现。在细节方面当然还有许多问题要研究，例如理工科高等院校的数学课程就要改革，把重点放到学会利用计算机求解和理解计算机给出的答案上[①]，而不是目前这套在半个多世纪前开始的、在没有电子计算机时所制定的数学课程。

在2000年完成这一阶段任务之后，就要逐步走向在2021年全面实施的第二阶段任务；为此要进行的设计工作就非常艰巨了。先要探讨许多理论问题和观念革新问题。这项工作现在就要开始。

选自《钱学森文集》卷六，第024～031页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

---

① 钱学森.致杨乐教授的信[J]．中国数学学会通讯，1988（4）：1.

基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导[①]

今年早些时候，我写过一篇讲基础性研究的文字[②]，说明基础性研究包括两类性质不同的研究：基础科学研究和基础应用研究。前者是在探索中认识客观世界，暂时还不知道会有什么应用，自然也不知道会有什么收益；而后者是为了一个方面的应用，必须先下功夫把这个方面的基本规律搞清楚，是有鲜明的目的性的。因为基础科学研究是探索性的，风险大，只有投入，近期无产出，所以任何国家领导机关在确定这样一些研究项目时，自然总会有些犹豫，想把经费转来支持基础应用研究。这是可以理解的。美国、日本、西欧都对高温超导舍得花钱，连对实验结果有争议的常温核聚变各国也都愿意开支研究经费，因为这都是基础应用研究，有可预见的收益。但对基础科学研究，就是在经费比较充裕的美国国家科学基金会（每年约20亿美元），一项申请也往往很难得到专家评审委员会的通过。以致美国Richard A.Muller教授向美国国会议员们建议[③]，国家要相信有成就的科学家，让他们自己选题，行政当局少插手。他说可以分四个步骤发放研究费：第一，向全美国的科学家发出询问：谁是他认为最优秀的、现在正在作研究的科学家，提出名单；第二，向以上名单中的科学家再发出用于以上目的的询问，要他们提出名单；第三，把第二步的过程再重复一次，得到第三批名单；第四，给第三批名单上得票较多的前1000名科学家，每人每年100万美元研究费，不限课题，任其使用。Muller认为，这才能解决基础科学研究的问题，美国国家科学基金会研究经费的一半，即10亿美元，应该这么花。

我想类似的问题在我们社会主义中国也不是一点都不存在。支持基础应用研究还容易下决心，要支持基础科学研究就难了。这里面的一个思想就是，搞基础科学研究，没边没缘，谁知道能不能成功？在这篇文字里，我想就这个问题讲一讲个人的看法：近代科学技术经过约四百年的发展，已经成为一个以马克思主义哲学为最高概括的体系[④]，它的演化是有规律的，因此基础科学研究决不是像早年那样没有指导思想的摸索，而是在马克思主义哲学指导下的探索，所以途径和路牌是有的。现在我就试着讲出来，向同志们请教。

---

① 这篇文章发表在《哲学研究》1989年第10期上。

② 钱学森：《也谈基础性研究》，载《求是》1989年第5期。

③ 见“Science”1989年4月第21期，V01．244,290页。

④ 钱学森：《关于<实践与文化——“哲学与文化”研究提纲>的通信》，载《哲学研究》1989年第4期。

一、决定性与非决定性

A.Einstein有一句名言："我不相信上帝是掷骰子的！"他对量子力学把决定性的牛顿力学以及相对论力学转化为非决定性的，就曾这样表示了他的不满。那么到底客观世界本身的运动规律是决定性的，还是非决定性的?

其实对这个问题的争议并非自Einstein始。早在上个世纪初，大科学家Laplace写了本《天体力学》，他呈送给拿破仑皇帝，拿破仑接见了他，皇帝说："教授先生，你的书怎么没有提到上帝？"Laplace回答说："我不需要上帝！"意思是世界上的一切都由数学理论、数学方程式决定了，这是牛顿力学明确了的。但是到上个世纪末，为了用分子运动论来解释热力学规律，奥地利的L.Boltzmann不得不引入非决定性的统计力学。Boltzmann的理论与热力学完全相符，但出现了一个矛盾，决定性的牛顿力学怎么会引出非决定性的分子运动论？这个问题在当时科学界争议甚烈，Boltzmann非常苦恼，以至最后自杀！他对创立统计力学是立了大功的，但解决不了决定性与非决定性的矛盾。这一矛盾直到本世纪60年代兴起了混沌理论才得到解决。按照这一理论，在分子数量极多，成亿、成万亿的情况下，只要在相互作用中有一点点非线性关系，就一定出现"混沌"。"混沌"看起来是非决定性的——混乱无章，可是实际它是决定性的，混乱无章正是决定性规律引起的；但可以当作非决定性的统计力学问题来处理。

这一段科学史说明，从决定性的牛顿力学演化为非决定性的统计力学是一次科学进步，而用混沌解释了统计力学的非决定性则又是一次科学进步。那么上帝到底掷不掷骰子呢？从上面这段历史看，应该说：如果这个"上帝"指的是客观世界本身，那么"上帝"是不掷骰子的，客观世界的规律是决定性的。但如果这个"上帝"指的是试图理解客观世界的人、科学家，那他有时不得不掷骰子，而且从自以为是地不掷骰子到承认不得不掷骰子也是一个科学进步。后来科学又发展进步了，科学家能看得更深更全面了，"更上一层楼"了，科学家又不掷骰子了，那又是一个进步，是又一次的科学发展。这样我们就把"上帝不掷骰子"和"上帝掷骰子"辩证地统一起来了。客观世界是决定性的，但由于人认识客观世界的局限性，会有暂时要引入非决定性的必要。这是前进中的驿站，无可厚非，只是决不能满足于非决定性而不求进一步地澄清。

决定性与非决定性的问题也存在于人的思维规律理论之中，这就是逻辑学。早在17世纪，德国数学哲学家Gottfried Wilheim Leibnitz就认为，总有一天数学计算能解决一切争议，一旦遇到不同意见就说：让我们来计算计算吧。这个设想到了本世纪初，数理逻辑有了很大发展，于是又有一位德国数学家David Hilbert就认为，一切

数学问题都在原则上是可以判决的，是完全决定性的，而且他着手建立这样的数学大厦。但在Hilbert晚年，他的这一美好理想破灭了。本世纪30年代，Kurt Goldel和Alan M.Turing先后用不同方式说明根本不存在这样的体系。他们证明：没有一组有很多个公理和推理准则所组成的体系能解决所有正整数提出的问题，现在美国IBM公司的Gregory J.Chaitin更进一步证明数论中存在着随机性，要用统计，即非决定性的理论[①]来解决，这也是由于近一百年来数学原理，或称元数学的发展。现在逻辑学家们已跳出经典逻辑，即所谓一阶逻辑的范围，开辟了二阶逻辑等高阶逻辑，称之为模态逻辑[②]。所以思维规律的学问已经大大发展了。现在我们明白：在某些局限性下出现的非决定性问题，在更高层次中又会变为决定性的。这已经是马克思主义的辩证逻辑了。

二、渺观、微观、宏观、宇观、胀观

我们怎么解决量子力学的非决定性呢？第一是要树立解决这个问题的决心。世界上是有这样的科学家的[③]，如提出“隐秩序”的D. Bohm[④]，他说世界是决定性的，但在量子力学理论中还有没看到的东西，我们要抓“隐秩序”。Bohm的思想是对的，但他和他的同道都没有成功。我想这个“隐秩序”不能只在微观世界中去找，它藏在比物质世界微观层次更深的一个层次，即渺观层次。什么是渺观呢？

这要从所谓普朗克长度讲起。物理学家们意识到物理学中有三个常量，即万有引力常数G，光速c和普朗克常数h。它们可以结合成一个长度，即$\sqrt{h/2\pi \cdot G/C^3}$。这个长度极小，大约是$10^{-34}$厘米。过去多少年，这只是个有趣的量，并不知道它有什么具体意义。但近年来理论物理学家为了把四种作用力：引力、弱作用力、电磁力和强作用力纳入统一的理论，即“大统一理论GUT”，提出一个“超弦理论”（Superstring Theory），而这里“超弦”的长度正好是大约10^{-34}厘米。超弦的世界比今天中子、质子等“基本粒子”的10^{-15}厘米世界还要小19个数量级！我们称基本粒子的世界为微观世界，那超弦的世界不应该称为更下一个层次的渺观世界吗？

超弦的世界还有一个特点，它不是四维时空（三维空间加一维时间），它是十维时空，四维之外再加六维。多出来的六维在高一层次的微观世界是看不见的，

---

① Gregory J. Chaitin: “Randomnss in Arithmetic”，《Scientific American》，1988年第7期，第51～57页。

② J. Barwise, S. Feferman编: “Model Theoretic Logics” Springer（1985）。

③ 见P. C. W. Davies, J. R. Brown编: “The Ghost in the Atom”，Cambridge U-nivesity Press 1986.

④ D. Bohm: “Wholeness and rhe implicate Order”，Routledge and Kegan Paul（1980）.

因为它太细小了。这就使我猜想：微观层次的量子力学所表现出来的非决定性，实际是决定性的渺观层次中十维时空运动的混沌所形成的。本来是决定性的运动，但看来是非决定性的运动。这是因为超弦的渺观世界是十维时空，有六维在微观世界看不见，不掌握，因而有六个因素没有考虑，漏掉了，可以说是因为微观世界科学家的“无知”，造成本来是决定性的客观世界，变得好像是非决定性的了。这才是“隐秩序”，藏在渺观的秩序。对不对？可以探讨。

从渺观到微观差19个数量级。我们不妨让微观世界到人们所熟悉的宏观世界之间也差19个数量级，而微观世界的典型长度是10^{-15}厘米，那么宏观世界的典型长度就是10^{-15}厘米$\times 10^{19}=10^{2}$米。那是一个篮球场的大小。

从宏观世界再往上呢？我们说是宇观世界，这也是大家知道的天文学家的世界。它是不是与宏观世界也差19个数量级？如果是这样，那将是$10^{2}\times 10^{19}$米$=10^{21}$米$\approx 10^{5}$光年，105光年是银河星系的大小，正是天文学家的世界！

所以从渺观、微观、宏观，直到宇观，以上构筑方式是成功的。有没有再上面的世界层次？这不能瞎猜，要看有什么事实指向。在大约半个世纪前，天文物理学界的科学家从天文观测发现，我们所在的这个宇宙是在膨胀的，并且倒推到大约100多亿年前，整个宇宙从一个微点开始爆炸！因此这个宇宙学理论的别名是“大爆炸理论”（Big Bang Theory）。时空有了起点！世界在这以前不存在！这一发现无疑是现代科学的进步，打破了古老的静止世界的观点；但也带来了问题：时间有了起点！据说当时罗马教皇就非常高兴，说科学家证明有上帝，是上帝创造了世界！不但罗马教皇高兴，中国的方励之也高兴，他抓住了大爆炸理论关于时间有起点的观点，并以此为依据批评恩格斯，因为恩格斯在《反杜林论》中论述时间没有起点，过去无穷尽，将来也无穷尽。其实罗马教皇和方励之都错了，这在查汝强同志和何祚庥同志的文章中①已有详细论述，我不在此重复了。我们应该注意：外国宇宙学家们也认为时间有起点是不合常理的，所以近八九年来，提出了“膨张宇宙论”（Inflationary Universe theory）代替“大爆炸理论”，而且对我们所在的这个宇宙起始膨胀的机制提出了设想，也指出我们所在的这个宇宙不过是大宇宙中数不清的宇宙中的一个。大宇宙要大得多。

所以我就提出，在宇观世界之上的再一个层次，就称为“胀观”。胀观比宇观再上19个数量级，典型尺度是10^{16}亿光年，比我们所在宇宙的现在尺度，即大约几百亿光年要大得多了。

综上所述，我建议在大家公认的世界三个层次，即微观、宏观、宇观之外再加

① 查汝强：《评“宇宙始于无”》，载《中国社会科学》1987年第3期；何祚庥：《物质、运动、时间、空间》，载《哲学研究》1987年第11、12期。

两个层次，一是微观下面的渺观，二是宇观之上的胀观，一共五个世界层次。情况见表。

表1　世界的层次

层次	典型尺度	过渡尺度	例	理论
?				
?				
?				
胀观	10^{40}m=10^{21}光年=10^{16}亿光年			
宇观	10^{21}m=10^{5}光年	$3\times10_{6}$亿光年 3亿km $3\times10_{-6}$cm $3\times10_{25}$cm	银河星系 太阳系 蓝球场 基本粒子	广义相对论
宏观	10^{2}m			牛顿力学
微观	10^{-17}米=10^{-15}cm			量子力学
渺观	10^{-36}米=10^{-34}cm			超弦理论
?				
?				
?				

这张表是对前些日子吴延涪同志文章①的修正：微观与渺观的交界处大约在尺度3×10^{-25}厘米；微观与宏观交界处大约在尺度3×10^{-5}厘米，即大分子的尺度；宏观与宇观交界处大约在尺度3亿公里，即太阳系的大小；宇观与胀观交界处大约在3×10^{6}亿光年。现在有物理理论的只是微观的量子力学及其发展、宏观的牛顿力学和宇观的广义相对论，新设的渺观和胀观还没有严格的理论。没有理论就要创立理论，这就是基础科学的研究方向了。更何况随着研究的深入，还会出现渺观以下的新层次和胀观以上的新层次。所以现在基础科学研究是有方向的，不是无边无际的探索。

不但如此，现在微观研究差不多都是在10^{-15}厘米以上，还有微观世界的下半部，直到与渺观交界处的大约3×10^{-26}厘米处，量子力学及其发展还大有可为。宇观的上部，直到与胀观交界处的大约3×10^{6}亿光年，广义相对论也还大有可为。这也都是基础科学研究的新领域。

在这里要注意的是，以上所提出的基础科学新领域直接作实验或观察都比较难。在微观世界下半部，物理实验可能要用能量超过现在已有或计划中的高能加速器，即大于几十个Tev。在宇观世界上半部，天文观测所要的仪器也大大超过现在已有或计划中的天文观测设备。不能作实验或直接观测，怎么做理论核实呢？好在今天我们已有计算能力很大的电子计算机和电子计算机系统，而且在不久的将来这种

① 吴延涪：《暴胀宇宙论中的哲学问题》，载《哲学研究》1988年第1期。

计算设备的能力还会提高。因此理论可以通过复杂的计算，综合成为可以同实验或观察结果相核对的结果，作间接对比。这个方法，即基础科学研究用电子计算机，今天已经在试用，效果是好的。这一方向也是将来基础科学研究要注意的。

三、开放的复杂巨系统的研究与方法论

上面一节是从整体结构层次看基础科学研究的方向，那么是不是在古老的宏观层次还有基础科学研究的重大课题呢？我以为是有的。这就是系统科学涌现出来的一个大领域：开放的复杂巨系统。

一个系统是由子系统所组成的。开放是指系统与系统外部环境有交流。子系统数量少，这个系统称简单系统；子系统数量达到几十、上百，这个系统称大系统。今天的系统科学对于比较简单的小系统和大系统，是有理论方法直接来处理的。如果子系统数量极大，成万上亿、上百亿、万亿，那是巨系统了。如果巨系统中的子系统种类不太多，几种、几十种，我们称之为开放的简单巨系统，那还好办，现在也有处理的方法，这就是近20年来I. Prigogien，H. Haken等发展起来的耗散结构理论或协同学理论，都把统计力学发展了，他们的理论处理开放简单巨系统很成功，解决了不少重要问题。

但是如果巨系统里子系统种类太多，子系统的相互作用的花样繁多，各式各样，那这巨系统就成了开放的复杂巨系统。对开放的复杂巨系统现在还没有理论，没有从子系统相互作用出发构筑出来的统计力学理论！那么什么是开放的复杂巨系统？举例说：人体、生物体、人脑、地球环境以至社会。这就是人体复杂巨系统、生物体复杂巨系统、人脑系统、地理系统和社会系统。社会系统尤其复杂。因为社会中的人是有意识的，他的行为不是什么简单的“条件反射”，不是有输入就有相应的输出；人接受信息后要思考，作出判断再行动，而这个过程又受各种条件影响，是变化多端的。所以社会系统可以称之为开放的特殊复杂巨系统。

从开放的复杂巨系统的实例可以看到它的广泛性，它涉及到医学、生物学、思维科学、地理科学以及社会科学的理论。但对复杂巨系统目前还没有理论！当然现在也有人很天真，硬要干。这又分两种情况：一是搞耗散结构、协同学一派的人，硬用处理简单巨系统的理论去处理复杂巨系统，包括一批热衷于美国所谓“系统动力学”的中国人，他们当然不成功。二是一下子上升到哲学，空谈系统的运动是由子系统所决定的，因此微观决定宏观，以至提出什么“宇宙全息统一论”[①]。他们没有看到人对子系统也不能说完全认识了，子系统内部也还有更深的更细的子系统

① 王存臻、严春友：《宇宙全息统一论》，山东人民出版社1988年版。

的子系统，以不全知去论不知，于事何补？

现在能用的、唯一处理开放的复杂巨系统（包括社会系统）的方法，是把许多人对系统的点点滴滴的经验认识，即往往是定性的认识，与复杂系统的几十、上百、几百个参数的模型，即定量的计算结合起来，通过研究主持人的反复尝试，并与实际资料数据对比，最后形成理论。在这个过程中，不但模型试算要用大型电子计算机，而且就是在人反复尝试抉择中，也要用计算机帮助判断选择。这就是所谓定性与定量相结合的处理开放的复杂巨系统的方法”[①]对社会经济问题，经过试用，结果良好。

如上所述，开放的复杂巨系统和社会系统是如此广泛的问题，而现在对它的基础理论还不清楚；但也有一个切实有效的实用方法，其特点是把存在于许多人的、对一个客观事物的零星点滴知识一次集中起来，集腋成裘，解决问题。这一项重要基础科学研究就应该从这样一种实践经验出发，认真总结提高，建立一个基础理论。这可以是系统科学的基础学科，即系统学的重要课题；同时也是科学方法论的重要发展。它是真正的综合集成，不是国外说的综合分析Meta-Analysis[②]。

在前面几节中，我提出了对基础科学研究的一些看法。而我之所以能提出这些看法，是从马克思主义哲学中得到启发的。这也就是我说的马克思主义哲学是智慧的泉源”[③]。所以基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导：基础科学研究也是一条向前不断流去的长河，是有方向的，不是不可知的。我们应该常常想着毛泽东同志的一句话：“马克思列宁主义并没有结束真理，而是在实践中不断地开辟认识真理的道路。”[④]

选自《钱学森文集》卷六，第067～075页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

---

① 钱学森：《软科学是新兴的科学技术》，载（红旗）1986年第17期。

② “综合分析”（Meta-Analysis），近年在国外有所探讨及试用；但也不成熟，方法机械，未能实现综合的真正要求。参见：L.Hedges，I. Olkin，“StatisticalMethods fOr Meta—Analysis”，Academic press（1985）；P. M. Wolf：“Meta-Analysis：Qualimtive MethodsforResearch Social'”，Sage，Bevedy Hillc，CA（1986）；R. Rosenthal：“Metag-Analysis Procedures for Social Synthesis”，Sage，Beverly Hills，CA（1986）；R. rosenthal：” Meta-Analytic Procedures for Social Research” Sage，Beverly Hills，Ca（1984）；R. Light，D. Pillemer：“Summing UP：The Science of Reviewing Research”，Har-vard University Puess，Cambridge，MA（1984）。

③ 钱学森：《智慧与马克思主义哲学》，载《哲学研究》1987年第2期。

④ 《毛泽东选集》第1卷，第272页。

一个科学新领域

——开放的复杂巨系统及其方法论[①]

近20年来，从具体应用的系统工程开始，逐步发展成为一门新的现代科学技术大部门——系统科学，其理论和应用研究，都已取得了巨大进展[②]。特别是最近几年，在系统科学中涌现出了一个很大的新领域，这就是最先由马宾同志发起的开放的复杂巨系统的研究。开放的复杂巨系统存在于自然界、人自身以及人类社会，只不过以前人们没有能从这样的观点去认识并研究这类问题。本文的目的就是专门讨论这一类系统及其方法论。

一、系统的分类

系统科学以系统为研究对象，而系统在自然界和人类社会中是普遍存在的。如太阳系是一个系统，人体是一个系统，一个家庭是一个系统，一个工厂企业是一个系统，一个国家也是一个系统，等等。客观世界存在着各种各样的系统。为了研究上的方便，按着不同的原则可将系统划分为各种不同的类型。例如，按着系统的形成和功能是否有人参与，可划分为自然系统和人造系统；太阳系就是自然系统，而工厂企业是人造系统。如果按系统与其环境是否有物质、能量和信息的交换，可将系统划分为开放系统和封闭系统；当然，真正的封闭系统在客观世界中是不存在的，只是为了研究上的方便，有时把一个实际具体系统近似地看成封闭系统。如果按系统状态是否随着时间的变化而变化，可将系统划分为动态系统和静态系统；同样，真正的静态系统在客观世界也是不存在的，只是一种近似描述。如果按系统物理属性的不同，又可将系统划分为物理系统、生物系统、生态环境系统等。按系统中是否包含生命因素，又有生命系统和非生命系统之分，等等。

以上系统的分类虽然比较直观，但着眼点过份地放在系统的具体内涵，反而失去系统的本质，而这一点在系统科学研究中又是非常重要的。为此，在[③]中提出了以下分类方法。

根据组成系统的子系统以及子系统种类的多少和它们之间关联关系的复杂程

① 本文由钱学森、于景元、戴汝为联合署名，原载于《自然杂志》1990年第1期。

② 钱学森等：《论系统工程》（增订本），系统科学与系统工程丛书，湖南科学技术出版社，1988年版。

③ 钱学森：《哲学研究》，10（1989）3。

度，可把系统分为简单系统和巨系统两大类。简单系统是指组成系统的子系统数量比较少，它们之间关系自然比较单纯。某些非生命系统，如一台测量仪器，这就是小系统。如果子系统数量相对较多（如几十、上百），如一个工厂，则可称作大系统。不管是小系统还是大系统，研究这类简单系统都可从子系统相互之间的作用出发，直接综合成全系统的运动功能。这可以说是直接的做法，没有什么曲折，顶多在处理大系统时，要借助于大型计算机，或巨型计算机。

若子系统数量非常大（如成千上万、上百亿、万亿），则称作巨系统。若巨系统中子系统种类不太多（几种、几十种），且它们之间关联关系又比较简单，就称作简单巨系统，如激光系统。研究处理这类系统当然不能用研究简单小系统和大系统的办法，就连用巨型计算机也不够了，将来也不会有足够大容量的计算机来满足这种研究方式。直接综合的方法不成，人们就想到本世纪初统计力学的巨大成就，把亿万个分子组成的巨系统的功能略去细节，用统计方法概括起来。这很成功，是I. Prigogine和Haken的贡献，它们各自称为耗散结构理论和协同学。

二、开放的复杂巨系统

如果子系统种类很多并有层次结构，它们之间关联关系又很复杂，这就是复杂巨系统。如果这个系统又是开放的、就称作开放的复杂巨系统。例如：生物体系统、人脑系统、人体系统、地理系统（包括生态系统）、社会系统、星系系统等。这些系统无论在结构、功能、行为和演化方面，都很复杂，以致于到今天，还有大量的问题，我们并不清楚。如人脑系统，由于人脑的记忆、思维和推理功能以及意识作用，它的输入-输出反应特性极为复杂。人脑可以利用过去的信息（记忆）和未来的信息（推理）以及当时的输入信息和环境作用，作出各种复杂反应。从时间角度看，这种反应可以是实时反应、滞后反应甚至是超前反应；从反应类型看，可能是真反应，也可能是假反应，甚至没有反应。所以，人的行为决不是什么简单的“条件反射”，它的输入-输出特性随时间而变化。实际上，人脑有10^{12}个神经元，还有同样多的胶质细胞，它们之间的相互作用又远比一个电子开关要复杂得多，所以美国IBM公司研究所的E. Clementi曾说[①]，人脑像是由10^{12}台每秒运算10亿次的巨型计算机关联而成的大计算网络！

再上一个层次，就是以人为子系统主体而构成的系统，而这类系统的子系统还包括由人制造出来具有智能行为的各种机器。对于这类系统，“开放”与“复杂”具有新的更广的含义。这里开放性指系统与外界有能量、信息或物质的交换。说得

① New Scielist,21 Jan. （1988）68.

确切一些：①系统与系统中的子系统分别与外界有各种信息交换；②系统中的各子系统通过学习获取知识。由于人的意识作用，子系统之间关系不仅复杂而且随时间及情况有极大的易变性。一个人本身就是一个复杂巨系统，现在又以这种大量的复杂巨系统为子系统而组成一个巨系统——社会。人要认识客观世界，不单靠实践，而且要用人类过去创造出来的精神财富，知识的掌握与利用是个十分突出的问题。什么知识都不用，那就回到一百多万年以前我们的祖先那里去了。人已经创造出巨大的高性能的计算机，还致力于研制出有智能行为的机器，人与这些机器作为系统中的子系统互相配合，和谐地进行工作，这是迄今为止最复杂的系统了。这里不仅以系统中子系统的种类多少来表征系统的复杂性，而且知识起着极其重要的作用。这类系统的复杂性可概括为：①系统的子系统间可以有各种方式的通讯；②子系统的种类多，各有其定性模型；③各子系统中的知识表达不同，以各种方式获取知识；④系统中子系统的结构随着系统的演变会有变化，所以系统的结构是不断改变的。我们把上述系统叫作开放的特殊复杂巨系统，即通常所说的社会系统。

系统的这种分类，清晰地刻画了系统复杂性的层次，它对系统科学理论和应用研究具有重大意义。从社会系统的最近研究中，也可以看出这一点。研究人这个复杂巨系统可以看做是社会系统的微观研究。而在社会系统的宏观研究方面，根据马克思创立的社会形态概念，任何一个社会都有三种社会形态，即经济的社会形态、政治的社会形态、意识的社会形态，可把社会系统划分为三个组成部分，即社会经济系统、社会政治系统、社会意识系统。相应于三种社会形态应有三种文明建设，即物质文明建设（经济形态）、政治文明建设（政治形态）和精神文明建设（意识形态）。社会主义文明建设，应是这三种文明建设的协调发展[①]。这一结论无论在理论上还是在实践中都有重要意义。从实践角度来看，保证这三种文明建设协调发展的就是社会系统工程。按着系统工程的定义，组织管理社会经济系统的技术，就是经济系统工程；组织管理社会政治系统的技术，就是政治系统工程；组织管理社会意识系统的技术，就是意识系统工程。而社会系统工程则是使这三个子系统之间以及社会系统与其环境之间协调发展的组织管理技术。从我国改革和开放的现实来看，不仅需要经济系统工程，更需要社会系统工程。单纯地进行经济体制改革，不注意另外两个子系统的关联制约作用，经济体制改革难以成功。例如“官倒”、党内某些腐败现象、社会风气不正等等，都对经济体制改革造成了严重影响，以致于不得不来治理经济环境，整顿经济秩序。党的十三届五中全会提出的进一步治理整顿和深化改革，就是社会主义制度的自我完善，是中国社会形态的自我完善。这都说明了单打一的零散改革是不行的。改革需要总体分析、总体设计、总体协调、总

① 钱学森，孙凯飞，于景元：《政治学研究》，5（1989）。

体规划，这就是社会系统工程对我国改革和开放的重大现实意义。

从以上列举的开放的复杂巨系统的实例中，可以看到，它们涉及到生物学、思维科学、医学、地学、天文学和社会科学理论，所以这是一个很广阔的研究领域。值得指出的是，这些领域的理论本来分布在不同的学科甚至不同的科学技术部门，而且均已有了较长的历史，也都或多或少地用本学科的各自语言涉及开放的复杂巨系统这一思想，如中医理论，但今天却都能概括在开放的复杂巨系统的概念之中，而且更加清晰、更加深刻了。这个事实启发我们，开放的复杂巨系统概念的提出及其理论研究，不仅必将推动这些不同学科理论的发展，而且还为这些理论的沟通开辟了新的令人鼓舞的前景。

三、开放的复杂巨系统的研究方法

开放的复杂巨系统目前还没有形成从微观到宏观的理论，没有从子系统相互作用出发，构筑出来的统计力学理论。那么有没有研究方法呢？有些人想得比较简单，硬要把第一节中讲到的处理简单系统或简单巨系统的方法用来处理开放的复杂巨系统。他们没有看到这些理论方法的局限性和应用范围，生搬硬套，结果适得其反。例如，运筹学中的对策论，就其理论框架而言，是研究社会系统的很好工具。但对策论今天所达到的水平和取得的成就，远不能处理社会系统的复杂问题。原因在于对策论中已把人的社会性、复杂性、人的心理和行为的不确定性过于简化了，以致于把复杂巨系统问题变成了简单巨系统或简单系统的问题了。同样，把系统动力学、自组织理论用到开放的复杂巨系统研究之中，所以不能成功，其原因也在于此。系统动力学创始人J. Forrester自己就提出[①]，对他的方法要慎重，要研究模型的可信度。但国内有些人对此却毫不担心，“大胆”使用。

另外，也有的人一下子把复杂巨系统的问题上升到哲学高度，空谈系统运动是由子系统决定的，微观决定宏观等等。一个很典型的例子就是“宇宙全息统一论”[②]。他们没有看到人对子系统也不能认为完全认识了。子系统内部还有更深更细的子系统。以不全知去论不知，于事何补？甚至错误地提出“部分包含着整体的全部信息”、“部分即整体，整体即部分，二者绝对同一”，这完全是违反客观事实的，也违反了马克思主义哲学。

实践已经证明，现在能用的、唯一能有效处理开放的复杂巨系统（包括社会系统）的方法，就是定性定量相结合的综合集成方法，这个方法是在以下三个复杂巨

① Forrester, J. W.: Theory and Application of System Dynamics, New Times Press（1987）。
② 王存臻，严春友：《宇宙全息统一论》，山东人民出版社，1988年版。

系统研究实践的基础上，提炼、概括和抽象出来的，这就是：

1. 在社会系统中，由几百个或上千个变量所描述的定性定量相结合的系统工程技术，对社会经济系统的研究和应用；

2. 在人体系统中，把生理学、心理学、西医学、中医和传统医学以及气功、人体特异功能等综合起来的研究；

3. 在地理系统中，用生态系统和环境保护以及区域规划等综合探讨地理科学的工作。

在这些研究和应用中，通常是科学理论、经验知识和专家判断力相结合，提出经验性假设（判断或猜想）；而这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明，往往是定性的认识，但可用经验性数据和资料以及几十、几百、上千个参数的模型对其确实性进行检测；而这些模型也必须建立在经验和对系统的实际理解上，经过定量计算，通过反复对比，最后形成结论；而这样的结论就是我们在现阶段认识客观事物所能达到的最佳结论，是从定性上升到定量的认识。

从上所述，定性定量相结合的综合集成方法，就其实质而言，是将专家群体（各种有关的专家）、数据和各种信息与计算机技术有机结合起来，把各种学科的科学理论和人的经验知识结合起来。这三者本身也构成了一个系统。这个方法的成功应用，就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势。

近几年，国外有人提出综合分析方法（meta-analysis）[①]，对不同领域的信息进行跨域分析综合，但还不成熟，方法也太简单，而定性定量相结合的综合集成方法却是真正的meta-synthesis。

四、综合集成方法的实例

下面，我们以社会经济系统工程中“财政补贴、价格、工资综合研究”为例，来说明这个方法及其应用。这个案例是成功的。

1979年以来，由于实行农副产品收购提价和超购加价政策，提高了农民收入，这部分钱是由国家财政补贴的。但是，当时对销售价格没有作相应调整，结果是随着农业连年丰收，超购加价部分迅速增大，给国家财政带来了沉重的负担，是财政赤字的主要根源。这样，造成了极不正常的经济状态：农业越丰收，财政补贴越

① Larry V.Hedges，Inqraqm Olk:Statistical Methods for Meta-Analysis,Academic Press（1985）； Frederic M.Wolf，Meta-Analysis：Qualitative Methods for Research Synthesis，sage（1986）；Robertr Rosenthal，Meta-Analytic Procedures for Social Research,Sage（1984）；Richard J. Light，David B. Pillemer，Sunming up：the Science of Reviewing Research，Harvard University Press（9184）。

多，致使国家财政收入增长速度明显低于国民收入增长速度，财政收入占国民收入的比例逐年下降。

财政补贴产生的这些问题，引起国家的极大重视，有关部门提出，如何利用价格工资这两个经济杠杆，逐步减少以至取消财政补贴。然而，调整零售商品价格必将影响到人民生活水平；如果伴以工资调整，又涉及到财政负担能力、市场平衡、货币发行和储蓄等。这些问题涉及到经济系统中生产、消费、流通、分配这四个领域。

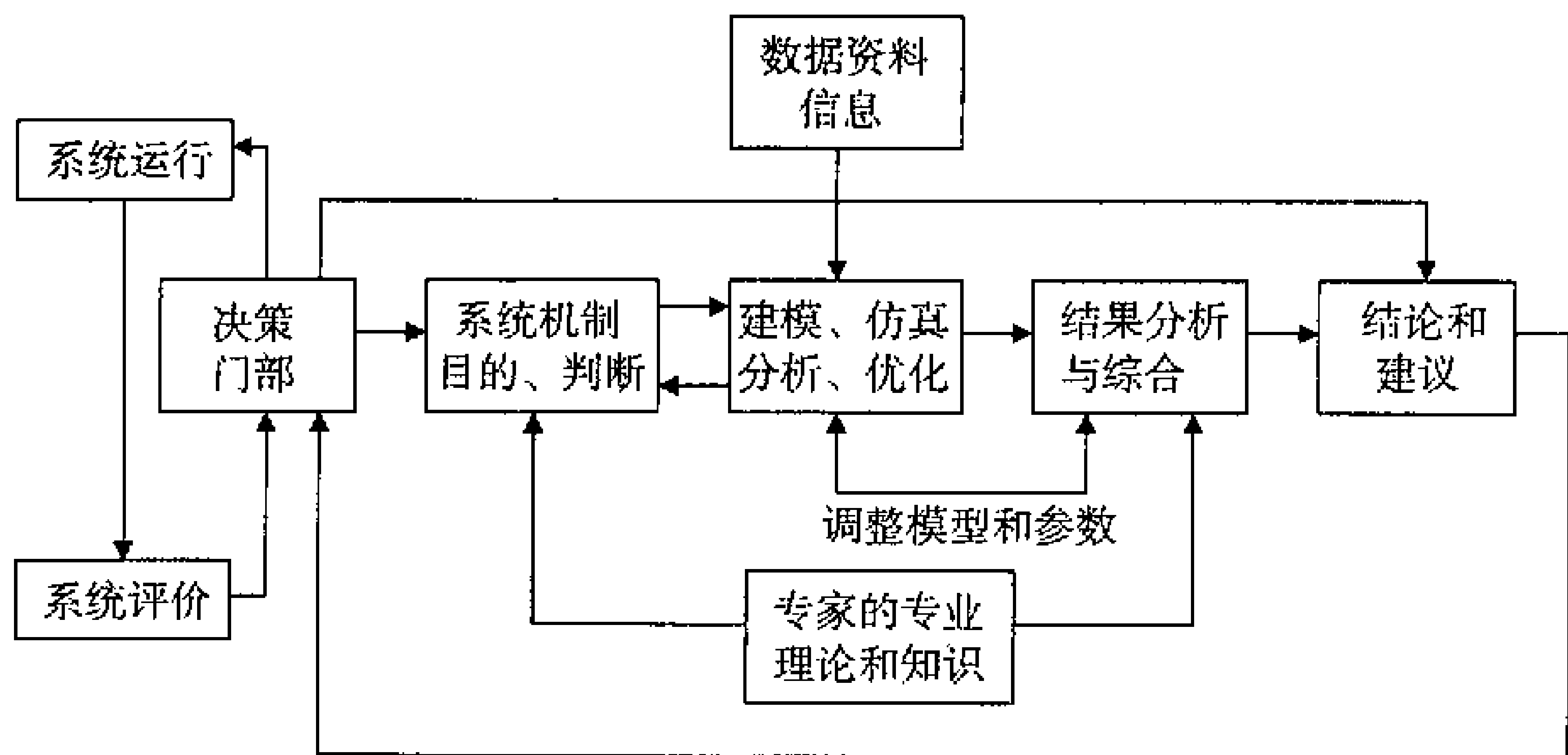
财政补贴、价格、工资以及直接和间接有关的各个经济组成部分，是一个互相关联互相制约的具有一定功能的系统。调整价格和工资从而取消财政补贴，实质上就是改变和调节这个系统的关联、制约关系，以使系统具有我们希望的功能，这是系统工程的典型命题。

为了解决这个问题，首先由经济学家、管理专家、系统工程专家等依据他们掌握的科学理论、经验知识和对实际问题的了解，共同对上述系统经济机制（运行机制和管理机制）进行讨论和研究，明确问题的症结所在，对解决问题的途径和方法作出定性判断（经验性假设），并从系统思想和观点把上述问题纳入系统框架，界定系统边界，明确哪些是状态变量、环境变量、控制变量（政策变量）和输出变量（观测变量）。这一步对确定系统建模思想、模型要求和功能具有重要意义。

系统建模是指将一个实际系统的结构、功能、输入—输出关系用数字模型、逻辑模型等描述出来，用对模型的研究来反映对实际系统的研究。建模过程既需要理论方法又需要经验知识，还要有真实的统计数据和有关资料。

有了系统模型，再借助于计算机就可以模拟系统和功能，这就是系统仿真。它相当于在实验室内对系统作实验，即系统的实验研究。通过系统仿真可以研究系统在不同输入下的反应、系统的动态特性以及未来行为的预测等等，这就是系统分析。在分析的基础上，进行系统优化，优化的目的是要找出为使系统具有我们所希望的功能的最优、次优或满意的政策和策略。

经过以上步骤获得的定量结果，由经济学家、管理专家、系统工程专家共同再分析、讨论和判断，这里包括了理性的、感性的、科学的和经验的知识的相互补充。其结果可能是可信的，也可能是不可信的。在后一种情况下，还要修正模型和调整参数，重复上述工作。这样的重复可能有许多次，直到各方面专家都认为这些结果是可信的，再作出结论和政策建议。这时，既有定性描述，又有数量根据，已不再是先验的判断和猜想，而是有足够科学根据的结论。以上各步可用框图表示，如下图。



五、综合集成还可以用知识工程

如上所述，综合集成方法取得了很好的效果。在解决问题的过程中，专家群体和专家的经验知识起着重要的作用。在以前，如在前一节所举的实例中，这一综合的过程还没有使用机器，建立模型也是靠人动脑子思考。现在看，我们还可以进一步，在一个系统中加人知识这一极其重要的因素。这就牵涉到知识的表达和知识的处理，实际上就是知识工程的问题了。知识工程是人工智能的一个重要分支，解决问题的办法着眼于合理地组织与使用知识，从而构成知识型的系统。专家系统就是一种典型的知识型系统。专家的一部分作用可以通过专家系统来实现，所以专家系统也自然是系统中的子系统。再进一步分析，在前面关于系统分类的讨论中，开放的特殊复杂巨系统居于最高层次，人作为这种系统中的子系统。人不能脱离社会而存在，随着社会的发展，人类创造各种机器来代替体力劳动与部分脑力劳动，结果具有智能行为的机器必然也是子系统。由人、专家系统及智能机器作为子系统所构成的系统必然是人・机交互系统。各子系统互相协调配合，关键之处由人指导、决策，重复繁重工作由机器进行。人与机器以各种方便的通讯方式，例如自然语言、文字、图形等，进行人・机通讯，形成一个和谐的系统。

近年来知识工程领域中的一些专家认识到以往忽视理论的错误倾向，已在探讨知识型系统研究的方法论问题。知识工程中的核心问题是知识表达，即如何把各种知识，如书本知识、专门领域有关的知识、经验知识、常识知识等，表示成计算机能接受并能加以处理的形式，这是必须解决的基本问题。知识型的系统与以往的动态系统不同，它的特点是以知识控制的启发式方法求解问题，不是精确的定量处理，因为许多知识是经验性的，难以精确描述。对于知识型系统，不能像以往的一些控制系统那样建立定量的数学模型，而只能采用定性的方法。如果系统中包括一

些可以定量描述的部件，那么也必然是采用定性与定量相结合的方法来进行系统综合。已有许多工作是利用定性物理的概念与建模方法来建立定性模型，进而研究定性推理的①。定性建模是一种把深层知识进行编码的方法，关心的只是变化的趋势，例如增加、减少、不变等。定性推理指的是在定性模型上的操作运行，从而得到或预估系统的行为。这里着重的是结构、行为、功能的描述及它们之间的关系。到目前为止，已有三方面代表性的工作，一是Xerox公司的De Kleer等人从系统的观点出发提出以部件为主（component centered）的模型，认为系统最重要的特性是可合成性，在结构上系统由部件连接而成，系统的行为可由部件的行为推导而得出。他们致力于建立一种能进行解释与预估的定性物理系统。另一是MIT计算机科学实验室的Kuiper提出以约束为主（constraint centered）的模型。第三是MIT人工智能实验室的Forbus提出以进程为主（process centered）的模型。他把引起运动和变化的原因等称为进程，致力于建立进程对物理过程影响的理论。知识工程中研究定性建模与推理的动机是研究常识知识，解决常识知识的表达、存储、推理等。很多专家认为定性建模与推理的方法及理论研究很可能是解决利用常识知识的途径。1988年欧洲人工智能大会把最佳论文奖授予关于定性物理模型和计算模型的论文，说明人们对这方面的研究所抱的希望。

实际上人工智能领域中有许多重要的工作是从系统的角度考虑的。有一种主张把人工智能的研究概括为是对各种定性模型（物理的、感知的、认识的、社会系统的模型）的获取、表达与使用的计算方法进行研究的学问”②。这是系统科学观点的反映。当前人工智能领域中综合集成的思想得到重视，计算机统筹制造系统（Computer Integrated Manufacture System，简称CIMS系统）的提出与问世就是一个例子。在工业生产中，产品设计与产品制造是两个重要方面，各包括若干个环节，这些环节以现代化技术通过人·机交互在进行工作。以往设计与制造是分开各自进行的。现在考虑把两者用人工智能技术有机地联系起来，及时把制造过程中有关产品质量的信息向设计过程反馈，使整个生产灵活有效，又能保证产品的高质量。这种把设计、制造，甚至管理销售统一筹划设计的思想恰恰是开放的复杂巨系统的综合集成思想的体现。

总之，我们把系统的“开放性”和“复杂性”这两个概念拓广之后，对系统的认识就更加深刻，所概括的内容也就更为广泛。这种广泛性是从现代科学技术的发展，尤其是新兴的知识工程的发展中抽象概括而得来的，有着坚实的基础与充分的根据。在我们阐明了开放的特殊复杂巨系统属于系统分类中的最高层次之后，实际

① 王珏、崔祺：《中国计算机用户》，8（1989）22。

② 戴汝为：《中国计算机用户》，8（1989）14。

上就把系统科学与人工智能两大领域明显地加以沟通。这样一来各种以知识为特征的智能型系统，如互相合作的人工智能系统、分布式人工智能系统以及实时智能控制系统等都属于一个统一的、明确的范畴。这就有利于去建立开放的复杂巨系统的理论基础，这是当代科学发展的必然结果。

六、开放的复杂巨系统研究的意义

从以上所述，定性定量相结合的综合集成方法，概括起来具有以下特点：

1．根据开放的复杂巨系统的复杂机制和变量众多的特点，把定性研究和定量研究有机地结合起来，从多方面的定性认识上升到定量认识。

2．由于系统的复杂性，要把科学理论和经验知识结合起来，把人对客观事物的星星点点知识综合集中起来，解决问题。

3．根据系统思想，把多种学科结合起来进行研究。

4．根据复杂巨系统的层次结构，把宏观研究和微观研究统一起来。

正是上述这些特点，才使这个方法具有解决开放的复杂巨系统中复杂问题的能力，因此它具有重大的意义，以下将着重讲讲这个看法。

现代科学技术探索和研究的对象是整个客观世界，但从不同的角度、不同的观点和不同的方法研究客观世界的不同问题时，现代科学技术产生了不同的科学技术部门。例如，自然科学是从物质运动、物质运动的不同层次、不同层次之间的关系这个角度来研究客观世界的，社会科学是从研究人类社会发展运动、客观世界对人类发展影响的角度去研究客观世界的，数学科学则是从量和质以及它们互相转换的角度研究客观世界的……[①]；而系统科学是从系统观点，应用系统方法去研究客观世界的。系统科学作为一个科学技术部门，从应用到基础理论研究都是以系统为研究对象。在宏观世界，我们这个地球上，又产生了生命、生物，出现了人类和人类社会，有了开放的复杂巨系统。而这类系统在宇观世界也是存在的，例如银河星系也是一个开放的复杂巨系统。这样看来，开放的复杂巨系统概念，已经超出了宏观世界而进入了更广阔的天地。因此，开放的复杂巨系统及其研究具有普遍意义。但是，正如前面已经指出的那样，过去的科学理论都不能解决开放的复杂巨系统的问题，这也是有原因的，可以从历史中去找。

大家知道，长期以来不同领域的科学家们早已注意到，在生命系统和非生命系统之间表现出似乎截然不同的规律。非生命系统通常服从热力学第二定律，系统

---

① 吴义生编：《社会主义现代化建设的科学和系统工程》，第六章，中共中央党校出版社，1987年版。

总是自发地趋于平衡态和无序，系统的熵达到极大。系统自发地从有序变到无序，而无序却决不会自发地转变到有序，这就是系统的不可逆性和平衡态的稳定性。但是，生命系统却相反，生物进化、社会发展总是由简单到复杂、由低级到高级越来越有序。这类系统能够自发地形成有序的稳定结构。

两类系统之间的这种矛盾现象，长时间内得不到理论解释，致使有些科学家认为，两类系统各有各自的规律，相互毫不相干。但也有些科学家提出：这种矛盾现象有没有什么内在联系呢？直到本世纪60年代，耗散结构理论和协同学的出现，为解决这个问题提供了一个科学的理论框架。这些理论认为，热力学第二定律所揭示的是孤立系统（与环境没有物质和能量的交换）在平衡态和近平衡态（线性非平衡态）条件下的规律。但生命系统通常都是开放系统，并且远离平衡态（非线性非平衡态）。在这种情况下，系统通过与环境进行物质和能量的交换引进负熵流，尽管系统内部产生正熵，但总的熵在减少，在达到一定条件时，系统就有可能从原来的无序状态自发地转变为在时间、空间和功能上的有序状态，产生一种新的稳定的有序结构，Prigogine称其为耗散结构。这样，在不违背热力学第二定律的条件下，耗散结构理论沟通了两类系统的内在联系，说明两类系统之间并没有真正严格的界限，表观上的鸿沟，是由相同的系统规律所支配。所以，Prigogine在其著作中指出，“复杂性不再仅仅属于生物学了，它正在进入物理学领域，似乎已经植根于自然法则之中”①。Haken更进一步指出，一个系统从无序转化为有序的关键并不在于系统是平衡和非平衡，也不在于离平衡态有多远，而是由组成系统的各子系统，在一定条件下，通过它们之间的非线性作用，互相协同和合作自发产生稳定的有序结构，这就是自组织结构。

现代科学20年来的这一成就是十分重要的，它阐明了长期以来困惑着人们的一个谜。但耗散结构理论、协同学的成功，也使得不少人过份乐观，以为这种基于近代科学还原论的定量方法论也可以用到开放的复杂巨系统，从而碰壁！

在科学发展的历史上，一切以定量研究为主要方法的科学，曾被称为“精密科学”，而以思辨方法和定性描述为主的科学则被称为“描述科学”。自然科学属于“精密科学”，而社会科学则属于“描述科学”。社会科学是以社会现象为研究对象的科学，社会现象的复杂性使它的定量描述很困难，这可能是它不能成为“精密科学”的主要原因。尽管科学家们为使社会科学由“描述科学”向“精密科学”过渡作出了巨大努力，并已取得了成效，例如在经济科学方面，但整个社会科学体系距“精密科学”还相差甚远。从前面的讨论中可以看到，开放的复杂巨系统及其研究方法实际上是把大量零星分散的定性认识、点滴的知识，甚至群众的意见，都汇

① 尼科里斯，普利高津：《探索复杂性》，四川教育出版社，1986年版。

集成一个整体结构，达到定量的认识，是从不完整的定性到比较完整的定量，是定性到定量的飞跃。当然一个方面的问题经过这种研究，有了大量积累，又会再一次上升到整个方面的定性认识，达到更高层次的认识，形成又一次认识的飞跃。

德国著名的物理学家普朗克认为："科学是内在的整体，它被分解为单独的整体不是取决于事物的本身，而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着从物理到化学，通过生物学和人类学到社会学的连续的链条，这是任何一处都不能被打断的链条。"自然科学和社会科学的研究覆盖了这根链条。伟大导师马克思早就预言："自然科学往后将会把关于人类的科学总括在自己下面，正如同关于人类的科学把自然科学总括在自己下面一样：它将成为一个科学。"[①]，我们称这种自然科学与社会科学成为一门科学的过程为自然科学与社会科学的一体化。可以说，开放的复杂巨系统研究及其方法论的建立，为实现马克思这个伟大预言，找到了科学的和现实可行的途径与方法。

在结束这番讨论的时候，我们还要指出：这里提出的定性与定量相结合的综合集成方法，不但是研究处理开放的复杂巨系统的当前唯一可行的方法，而且还可以用来整理千千万万零散的群众意见，人民代表的建议、议案，政协委员的意见、提案和专家的见解，以至个别领导的判断，真正做到"集腋成裘"。特别当我们引用它把零金碎玉变成大器——社会主义建设的方针、政策和发展战略，以至具体计划和计划执行过程的必要调节调整时（这在本文第四节讲的实例中已见一个小小的开端），就把多年来我们党提出的民主集中原则，科学地、完美地实现了。其意义远远超出科学技术的发展与进步，这是关系到社会主义建设以至实现共产主义理想的大事了。人民群众才是历史的创造者！

选自钱学森著：《创建系统学》（新世纪版），第108～118页，上海交通大学出版社2007年1月第1版。

① 《马克思恩格斯全集》第42卷，人民出版社，1979年版，第128页。

我们要用现代科学技术建设有中国特色的社会主义[①]

各位领导、同志们：

这次系列讲座，原来分配给我的题目是：关于科技是第一生产力的理论问题。“科学技术是第一生产力”这一马克思主义的论断是邓小平同志提出来的。江泽民同志在今年5月中国科学技术协会第四次全国代表大会的讲话和在庆祝中国共产党成立70周年大会上的讲话都对这一论断作了充分论述。这是我们党对马克思列宁主义毛泽东思想的重大发展。我们一定要加深理解并在工作中贯彻执行。

因此，在最近一个时期，报刊上讨论科学技术是第一生产力的文章很多，也有一些同志提出了问题，看来是属于对有关科学技术与生产力的认识上有差异。所以我想在以下报告中讲讲有关的背景材料，供大家探讨90年代科技发展与中国现代化时考虑。这些话实际是我今年10月16日在人民大会堂仪式上发言”[②]最后一段话的扩展。

一、关于科学革命、技术革命与产业革命

我最近看到国家科委办的《中国科技论坛》1991年第5期刊登了上海市副市长刘振元同志的一篇文章[③]，其中讲到研究科技史的同志，对科学革命、技术革命和产业革命的关系认识并不一致。国外也有各式各样的说法。比如，前几年，苏联只提“科学技术革命”，不提产业革命；在美国，又有人高唱什么“第三次浪潮”。我认为，我们要按照历史唯物主义的观点来分析这个问题，统一我们的认识。

刘振元同志在文章中讲了产业革命，那么，我们也就从产业革命讲起吧。什么叫产业革命？这是必须首先明确的，因为有人不用产业革命，而用“工业革命”这个词。我认为正确的提法是产业革命，而不是工业革命。从恩格斯的《英国工人阶级的状况》一书中，我们可以搞清“产业”一词的含义。在这本书中，恩格斯分析

① 钱学森在中央组织部、中央宣传部、中国科协、中央机关工委、中央国家机关联合举办的《90年代科技发展与中国现代化》系列讲座1991年11月5日的讲稿，收录于《90年代科技发展与中国现代化》，湖南科技出版社，1991年12月出版。

② 钱学森．感谢、怀念和心愿[N]．人民日报，1991～10～19（1，3）．

③ 刘振元．科学技术是第一生产力的理论认识与探索[J]．中国科技论坛，1991，（5）：1～4．

了18世纪末到19世纪上半叶英国由于蒸汽机的出现而引起整个社会的变化，包括工业、农业等的变化。所以“产业”一词不是指某一个方面的事业，如工业、农业，而是指整个物质生产的事业，其影响涉及全社会。在上古时代，当人们还是靠采集和狩猎为生时，是谈不上物质资料生产的，因而也就不存在什么产业。从这个意义上说，第一次产业革命大约发生在一万年前的新石器时代，即出现了农牧业。第二次产业革命，是开始出现商品经济，即人们不再单纯为个人的生存、个人享用而生产，开始为交换而生产。这在中国，出现于奴隶社会后期，即公元前约1000年。第三次产业革命是蒸汽机的出现，这是大家熟悉的。第四次产业革命出现在19世纪末，即生产不再是以一个个工厂为单位，而是出现了跨行业的垄断公司，也就是列宁在《帝国主义是资本主义的最高阶段》一书中讲的情况。第五次产业革命即目前正在发生的，国外有人叫信息革命，全世界将构成一个整体组织生产。

以上我所讲的第三次、第四次和第五次产业革命，就是刘振元同志讲的第一次、第二次和第三次产业革命。我之所以提出五次产业革命，是根据马克思、恩格斯的历史唯物主义来分析的，即物质资料生产方式的变革影响到整个社会发生飞跃。我认为这样分析是符合马克思列宁主义毛泽东思想的。

产业革命是怎么引起的呢？推动产业革命的当然是生产力的大发展，但又是什么推动生产力的大发展呢？当然是生产技术的大大提高。这就是技术革命。“技术革命”的概念是毛主席1967年首先提出的，并指出蒸汽机、电力和核能核技术的出现是技术革命。我理解毛主席的意思，即人类在改造客观世界的斗争中，技术上的飞跃叫技术革命。按这样的理解，应该说，在古代火的利用，即人类掌握发火、引火、用火的技术，就是一次技术革命。造纸技术也是一项技术革命。在现代，半导体的发现和利用、电子计算机的出现等，都是技术革命。如果拿这个观点来衡量，预防医学的出现也是很了不起的，属技术革命。系统工程在管理技术和方法上的革命作用，也属技术革命。

这样看来，可以说每次产业革命都是由一项或众多的技术革命引起的。那么又是什么引出技术革命的呢？我们认识到技术革命是人改造客观世界的技术飞跃，但人要改造客观世界必须先认识客观世界。在古代，人对客观世界的认识只表达为由总结实践经验所得的感性知识，知其然，不知其所以然。这时现代意义的科学还未出现。所以在古代是实践经验引发技术革命。

在西方世界，16世纪的“文艺复兴”运动引出了现代意义的科学，即人对客观世界的理性认识。科学发展到一定阶段，出现飞跃，即科学革命。按照这样的认识，应该说“日心说”的提出是一次科学革命。后来牛顿力学的创立、氧的发现和燃烧理论的提出等都是科学革命。在本世纪，爱因斯坦提出相对论，同时还有量子

力学的创立也是科学革命。应该指出的是，人认识客观世界的飞跃，不限于自然科学，在社会科学中同样有这样的飞跃，也应该是科学革命。按这样的理解，马克思提出剩余价值理论和历史唯物主义也属科学革命。目前正在孕育着的科学革命有物理学上的超弦论，超弦的尺度只有基本粒子的1019分之一，而且所用的时空是10维的。这个理论一旦建立，将把目前发现的一百多种基本粒子统一起来，把强相互作用、弱相互作用、电磁力、引力这四种力统一起来。

综上所说，科学革命是人认识客观世界的飞跃，技术革命是人改造客观世界技术的飞跃，而科学革命、技术革命又会引起全社会整个物质资料生产体系的变革，即产业革命。在今天，科学革命在先，然后导致技术革命，最后出现产业革命。这也就说明基础科学研究的重要性，有了科学发现才有跟上来的社会发展。

二、社会形态与社会形态的飞跃

关于产业革命，马克思曾用过一个词，叫社会形态。马克思用德文表达的“社会形态”这个词，其含义是十分清楚的。经济问题是社会形态的一个侧面，马克思说，经济的社会形态的飞跃是产业革命。我国老的《资本论》版本是从德文翻译过来的，译作“经济社会形态”是比较准确的。后来的版本是从俄文翻译过来的，从德文到俄文，变成了“社会经济形态”，于是我们也翻成“社会经济形态”，这种译法不很确切。我建议还是回到马克思原来的表达方法，即“经济社会形态”。这样的用词，说明经济是社会形态的一个侧面。社会形态的另一个侧面是社会中人们的意识，按我的认识，可以叫做“意识的社会形态”，而不用“社会意识形态”。意识的社会形态的飞跃可以叫“文化革命”，毛主席早在1940年就用过这个词[①]。16世纪在西欧的“文艺复兴”是一次文化革命。社会形态的政治侧面可以叫政治的社会形态，政治的社会形态的飞跃是政治革命。人类社会发展中，从原始社会到奴隶社会，从奴隶社会到封建社会，从封建社会到资本主义社会，从资本主义社会到共产主义社会（其初期阶段是社会主义社会），都是政治革命。我们目前进行的政治改革，是社会主义制度的不断自我完善，这不是政治革命。归结起来说，社会形态有三个侧面，分别叫做经济的社会形态、意识的社会形态、政治的社会形态。三个侧面都会不断发生变化，飞跃式的变化即革命，分别是产业革命、文化革命和政治革命。

我们的社会主义现代化建设，有物质文明建设，这属经济的社会形态侧面；精神文明建设属意识的社会形态侧面；关于民主与法制的建设属政治的社会形态侧

① 毛泽东. 新民主主义论[M]. 毛泽东选集》（新版）. 北京：人民出版社，1991（2）：696.

面，可以叫政治文明建设①。按照这样的归类，我们的社会主义建设，分属社会形态的三个侧面，可以叫社会主义的物质文明建设、社会主义的精神文明建设和社会主义的政治文明建设。

社会主义存在的客观环境是地理环境。社会的发展变化首先是受地理环境的影响。比如，据历史考证，西藏在一万年前就有人类的活动，这与中原地区差不多，但为什么后来发展那么慢？艰苦的地理环境恐怕是一个重要原因。另一方面，人对环境也会有影响，人可能破坏环境，也可能建设环境，建设得更适合人类生存，这就是社会主义的地理建设（现在我们的文件中称基础设施），如交通、铁路、水利、通信设施等②。据此，我提出我国社会主义的地理建设问题。那就是说，除了社会主义的物质文明、精神文明和政治文明建设以外，还要加上个国家环境的社会主义的地理建设。

三、人认识与改造客观世界的知识，即科学技术体系

过去人们对科学技术体系的认识，发展到今天，20世纪末期是否还适用？比如，在马克思以前，社会科学不成其为科学，到马克思时代，才把社会科学建立在科学的基础之上。我们国家目前对科学技术体系的认识是分自然科学和社会科学，所以分设中国科学院和中国社会科学院；文化部还有一个艺术研究院。近几年出现了所谓软科学，国家科委有软科学研究指导委员会。什么叫软科学？因为国家科委在国务院各部委职责分工上不能管社会科学，但工作中又遇到一些社会科学问题，怎么办？于是提出个软科学的概念。这都是人为分块建制造成的。

在国外，这种混乱情况更为严重。搞什么政治的、经济的，想怎么说就怎么说，派别很多，一点也不科学。不久前我在中国社会科学院哲学研究所办的《哲学研究》上看到美国的一位大专家叫George J.Klir写的一篇文章③，叫“二维科学系统”。他说的第一维是自然科学的研究方法，即理论、推导、实验等结合起来的方法；第二维是信息，即社会上有各种各样的说法，这些说法无法统一，只好作为社会信息输入进来，从事他的系统理论研究。我看这位Klir教授是在没有办法的情况下乱出点子。

我们怎么办？我们应该用马克思主义哲学的观点来看待这个问题。毛主席就

① 钱学森，孙凯飞，于景元．社会主义文明的协调发展需要社会主义政治文明建设[J]．政治学研究，1989，（5）1～10.

② 于景元，王寿云，汪成为．社会主义建设的系统理论和系统工程[N]．科技日报，1991～1～21、23（3）.

③ G·J·克勒．信息社会中二维的科学的出现[J]．哲学研究，1991，（9）：44～52.

曾说过，我们要更多地懂得马克思列宁主义，更多地懂得自然科学，也就是更多地懂得客观世界的规律，才能搞好革命工作和建设工作。列宁在《共青团的任务》中讲得更多，他说："如果你们要问，为什么马克思的学说能够掌握最革命阶段的千百万人的心灵，那你们只能得到一个回答：这就是因为马克思依靠了人类在资本主义制度下所获得的全部知识的坚固基础。马克思研究了人类社会发展的规律，认识到资本主义的发展必然导致共产主义，而主要是他完全依据对资本主义社会所作的最确切、最缜密和最深刻的研究，借助充分掌握以往的科学提供的全部知识而证实了这个结论。凡是人类社会所创造的一切，他都有批判地重新加以探讨，任何一点也没有忽略过去；凡是人类思想所建树的一切，他都放在工人运动中检验过，重新加以探讨，加以批判，从而得出了那些被资产阶级狭隘性所限制或被阶级偏见束缚住的人所不能得出的结论。"[①]由此我们应该站得高一些，总揽全局，认识到马克思主义哲学是人类认识世界的最高概括，是人类智慧的最高结晶。在马克思主义哲学指导下，研究各种不同对象，有不同的科学部门。而且我们要认真地思考时代的特征。今天离马克思时代又有一百多年，世界发展了，科学技术大大发展了。我们还要展望即将来临的21世纪。

这样，我们的科学技术体系就不能像老一套那样，只是自然科学和社会科学，而是一个大体系[②]：第一个部门是自然科学、工程技术；第二个部门是社会科学；第三个部门是数学科学，因为不管是研究自然科学还是社会科学，都要运用数学手段，因此，数学不能只属于自然科学，应该成为一个独立的部门；第四个部门是系统科学；第五个是文艺理论；第六是思维科学；第七是军事科学；第八是行为科学；第九是人体科学；第十是地理科学。这十个部门构成一个体系。每一个部门都有一个联系马克思主义哲学的桥梁，即从这个部门的科学研究成果中提炼出来的思想，它要能丰富和发展马克思主义哲学，而马克思主义哲学又是通过这一桥梁来指导这个部门的科学研究。自然科学的桥梁是自然辩证法；社会科学的桥梁是历史唯物主义；数学科学的桥梁是数学哲学；系统科学的哲学概括是系统论；思维科学的哲学概括是认识论；文艺理论的哲学概括是美学；军事科学的哲学概括是军事哲学；行为科学的哲学概括可以叫社会论；地理科学的哲学概括是地理哲学；人体科学的哲学概括叫人天观，即人体与自然环境、社会环境的关系。

每一个科学部门又分三个层次：自然科学技术部门最高的层次是基础科学（如物理、化学等）；实际应用的是工程技术；在基础科学与工程技术之间的，是技术科学，如应用力学、电子学等都属这个层次。这三个层次，是自然科学经过一百多

① 列宁．共青团的任务[N]．列宁全集（新版）．北京：人民出版社，1986，39：298～299.

② 钱学森，吴义生．社会主义现代化建设的科学和系统工程[N]．北京：中共中央党校出版社，1987.

年发展形成的。我认为这十个大部门都应该有三个层次。比如，社会科学的三个层次怎么分？目前中国社会科学院的研究所都是理论性的，这恐怕不行。社会科学也要形成三个层次的概念，其他几个部门也一样。唯一例外的是文艺，文艺恐怕只有理论的层次，到文艺创作就不是一个科学的问题，而是艺术。

最后要指出的是，我构筑的这个现代科学技术体系，是在马克思主义哲学指导下的系统，凡是不符合马克思主义哲学的，或者还不成其为科学，而只是一些经验性的论述性的东西，都无法纳入这个系统，只能放在这个系统的周围。对于这个系统周围的东西，我们并不排斥它，凡是发现有用的，都应吸收进来。所以这个科学技术体系是个开放的系统，不断演化的，随着社会的进步，内容会发展变化，会有新的大部门出现。所以构筑科学技术体系是长期任务。

四、用科学技术建设社会主义

这里说的"科学技术"就不只是自然科学技术，而是我以上所说的科学技术体系，包括十个大部门，每个部门有三个层次，一座桥梁，通往最高概括的马克思主义哲学。我认为，我这么理解是符合中央精神的。例如，今年2月江泽民、李鹏等中央领导同志就曾指出[①]，中国社会科学院要为实现我国第二步战略目标提供理论成果。这就是说，社会科学也要为建设社会主义服务。江泽民同志在纪念中国共产党成立70周年的讲话中说："我们的改革，是一项复杂的、巨大的系统工程，包括经济、政治、教育、科技、文化体制等方面的改革，需要相互协调，配套进行。"由此可见，我们要建设社会主义，所需的科学技术绝非只是自然科学技术。

最近我学习了《陈云文集》，也读了马寅初先生的论文集[②]，才知道马老原来并不是学经济的，而是学矿冶工程的，属自然科学工程技术，后来才转到经济学的，所以他一直是联系实际的。他的博士论文不是讲一般的经济理论，而是讲纽约市的经济情况。解放后，他搞经济研究，一直用理论联系实际的方法。比如他谈人口问题，就是到浙江调查了许多农村后写出的，是从实际中来的，所以是比较客观的、正确的。陈云同志也是一直坚持联系实际，作调查研究，提出"不唯上，不唯书，要唯实"和在调查中要"全面、比较、反复"。陈云同志讲的、马寅初同志讲的都很好。但是我感到，由于历史条件的限制，他们都没有可能用现代科学技术的方法，即用系统科学、系统工程的方法，当然也没电子计算机这个极为有效的工具。如果我们用我上面所说的，由十大部门组成的，在马克思主义哲学指导下的科

① 社科院要建成马克思主义坚强阵地[N]. 人民日报，1991～2～24（1）.

② 马寅初. 马寅初经济论文选集（增订本）[M]. 北京：北京大学出版社，1990.

学技术体系来建设社会主义的话，那么我们就要用这种现代科学技术的方法。在过去差不多10年时间内，航空航天工业部的710所在宋平同志的支持下，用这种现代新方法，也就是把实际调查的材料和系统科学、系统工程方法结合起来，并用电子计算机计算达到定量判断。他们用这样的方法研究国民经济中的问题，所得的结果，经过实践考验总是比其他方法更为准确。因为国民经济中的问题都是比较复杂的，因此一定要用系统工程的方法，要用电子计算机。所涉及的参数不是几个、几十个，而是一百个、二百个，计算量相当大，光靠人脑是不行的。所用电子计算机，前几年是每秒一百万次、二百万次的，这还不够，今后要更高运算能力的机器。现在我们国家有每秒几亿次的计算机，国外近期可以做出每秒万亿次的计算机。用系统工程的方法加上这样的所谓巨型计算机，国民经济中的复杂问题是可以解决的。所以我们今天可以大胆地说，用现代科学技术方法，可以研究分析社会主义建设中的问题，向中央提出科学决策的方案。

根据这样的想法，前几年我曾建议成立我国社会主义建设的总体设计部①。这是中央作决策的参谋班子，用上述科学方法②开展研究工作，向中央提出咨询建议。我们这里讲的社会主义建设总体设计部是以马克思列宁主义毛泽东思想为指导的，对党和国家负责的，决不是资本主义国家所谓的思想库，那是为垄断资本家服务的，“他们将永远死死拽住政治家的衣袖，焦虑地徘徊在政府与大学之间”③。

五、关于科学技术业

150多年前，一些生产发达的国家实现工业化的道路是先从轻纺工业开始的。42年前，新中国刚刚成立的时候，我们没有走资本主义国家的老路，而是审时度势，看到进入20世纪以后，由于主要的资本主义国家已经实现了工业化，世界已经形成了发达的工业国家和落后的发展中国家的明显分界，第二次世界大战以后，这种格局更加显明和突出。在这样的形势下，作为一个新生的发展中国家，中华人民共和国要想尽快摆脱落后状态，显然不能重复别人走过的老路。在工业现代化方面，首先要大力发展重工业。事实证明，这一战略决策是明智的。

42年以后的今天，世界有了很大的发展。面向21世纪的挑战，我们的战略决策

① 钱学森．社会主义建设的总体设计部——党和国家的咨询服务工作单位[J]．中国人民大学学报，1988，（2）：10～22．

② 钱学森，于景元，戴汝为．一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]．自然杂志，1990，（1）：3～10．

③ 世界各国的思想库[N]．参考消息，1991—10—21、22、23、24、25、26，（4）．

是什么？今天科学技术的发展大大推动了社会进步，科学技术是第一生产力。国际间的争夺，主要依靠的也是科学技术。基于这样一种形势，我们必须把科学技术工作摆到一个非常重要的位置上。而我国的科学技术力量并不弱，而且中国人聪明，为了充分发挥科学技术力量在社会主义建设中的作用，我建议建立我国的一种第四产业——科学技术业，作为今天的一项重大的战略决策。因为总结过去，中国在那么困难的条件下搞成了“两弹”，其中一条重要的经验是组织得好。现代的重大科学技术都不是一两个人能够干成的，甚至不是一两个单位能干成的，要靠组织，所以组织工作是一个相当重要的问题。美国人现在就自感组织工作不如日本。我们目前也存在一个有效组织问题，科技界单项成果不错，但集体力量的发挥就不够。为了解决科学技术工作散的问题，迎接21世纪的挑战，我建议请中央考虑建立科学技术业。科学技术业并不是要取代现有的机构，如中国科学院、中国社会科学院、高等院校的科研机构等，而是要把他们的成果组织起来，而且用组织起来的手段协调全国的科学技术工作。这个手段就是组建科技业的公司，它在一个方面或一个领域负责全国的科技发展工作，是垄断性质的公司。比如，在半导体和大规模集成电路领域，建立一个总公司，这个总公司通过合同手段协调全国半导体和大规模集成电路的发展。而合同的招标、签订，按竞争的原则办。科技公司的成果是出新技术、技术专利。这些公司属国家所有，享受国家大、中型企业的政策待遇，其成果不仅面向国内，而且面向国际。去年，我国科技成果出口创汇大约10亿美元，还不到世界科技成果出口的1%，所以这项事业是大有可为的。

要使科学技术成为生产力，使科研成果在生产中得到应用，仅有各个领域的科技公司还不够，因为每一个单项技术要应用到生产中去，还需要有一个中间环节，它根据工厂的需要，吸取可用的成果，将一项项单个成果综合设计成生产体系，并负责培训工厂的技术人员和工人。前几年我曾就此事向航空航天工业部提出建议，最近他们设立了一个航空航天系统工程中心，就是做这种转化工作的。

归结起来讲，今天当我们面向21世纪，面对国际间的激烈竞争，为了建设中国的社会主义事业，必须把科学技术作为第一生产力。具体的办法就是建立科学技术业。科学技术业包括：①我国现有的科技力量，包括各种科研院、研究所等；②为了进一步将这些科技力量组织起来，建立各种科技专业公司，组织开发各种新技术，出技术成果，出专利；③为了将这些新技术成果尽快在生产中得到应用，要建立各种综合系统设计中心，或者由各部门现有的设计单位承担这一任务。这是我关于建立科学技术业的具体建议，请中央考虑，下决心把这一事业建立起来。

六、关于人才培养问题

中央领导同志曾多次讲到学习的重要性。江泽民总书记在建党70周年的讲话和中央工作会议上的讲话都强调了提高干部水平的重要性。对此，我完全拥护。关于科技人才的培养问题；据我所知，西方发达国家是到上个世纪的下半叶才开始有培训工程技术人才的学校。美国有名的麻省理工学院是上个世纪70年代建立的。它实行4年制，培养工程师。前两年学科学的基础理论，包括物理、化学等；后两年学专业技术，毕业时作毕业设计。经过这4年的学习，培养出一个能到工厂去负责技术工作的工程师。这样的工程师与瓦特那样的工匠不同，他具有基础理论知识，能适应新的发展并能创造性地工作。这套教育体制后来流行于全世界。我过去上的大学——上海交通大学就是实行的麻省理工学院这套教育制度。后来我到麻省理工学院留学，使我大吃一惊的是，在交大作的实验都与麻省理工学院一样。

到本世纪30年代，这套教育体制的缺陷就逐渐显示出来。当时科学技术发展迅速，用麻省理工学院方式培养出来的人，很难适应这种新的形势。而从本世纪初，德国的哥廷根大学开创了所谓应用力学专业，将基础理论与工程应用联系起来，加强基础理论的学习。后来美国的加州理工学院发展完善了这套教育体制。具体作法是适当减少了一点工程课程，加强基础理论的教育，而且将学制延长到7年。这样培养出来的学生，科学知识的基础要坚实得多，各种新的发展都能跟上。第二次世界大战以后，这一教育思想已被普遍接受。

经过五六十年的发展，到今天，世界形势又发生了很大变化，而且我们要面向21世纪，加州理工学院这一套教育制度还能适应今天的形势吗？我曾经向中央领导建议要培养科技帅才，那套老的教育体制能培养出帅才吗？我认为是不行的。所谓科技帅才，就不只是一个方面的专家，他要全面指挥，就必须有广博的知识，而且要能敏锐地看到未来的发展。怎样培养帅才？我提出五点建议：

（1）要学习马列主义毛泽东思想。因为马克思主义哲学是人类智慧的结晶，所以，帅才要在学习马列主义毛泽东思想上真正下点功夫。

（2）要了解整个科学技术，即我前面所讲的十个部门组成的科学技术体系的发展情况，即要掌握世界科学技术发展的新动态。杨振宁教授最近提出到图书馆去翻翻，我看这很重要。多到图书馆去看看，从中发现新动向，然后组织人去研究，帅才必须具备这样的素质。怎样才能做到这一点？那就是要了解科学技术整体发展情况。

（3）要学习世界的知识，如海湾战争、南斯拉夫内战等，要了解它的起因、

历史，等等，这样才能迎接世界的挑战。

（4） 当今是一个激烈竞争的时代，竞争实际上就是打仗，所以要学习军事科学知识，也包括组织管理方面的知识和才能。

（5）学点文学艺术，它可以培养一个人从另一角度看问题，避免“死心眼”和机械唯物论。老一代革命家文艺修养都比较高，是我们的榜样。

当然，帅才还要身体健康。

以上五点，或者说六点，我在中央党校讲过多次，因为中央党校就是培养领导干部，培养帅才的。今天我再次提出来，请中央考虑。

最后我要说的是，建设有中国特色的社会主义是史无先例的艰巨事业。但我们有中国共产党的领导，只要我们用马列主义毛泽东思想来总结自己的经验，总结世界的经验教训，我们一定能找到一种科学的方法，用现代科学技术来建设有中国特色的社会主义。这一切应当在90年代有个良好的开端。我的讲话完了，谢谢大家。

选自《钱学森文集》卷六，第213～224页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

我们应该研究如何迎接21世纪[①]

在邓小平同志建设有中国特色社会主义理论的指引下，中国正在进入一个跨世纪的发展时期。每一个关心国家和民族未来发展的中国科技工作者，都应关注和思考如何迎接21世纪的问题。不仅要研究在这段历史时期科学技术可能出现哪些重大的突破和发展，而且还要探索这些科技发展作为第一生产力，对现代中国将发生哪些重大影响和推动作用，从而使我们对迎接21世纪有充分的思想准备。本文作者们在过去的一年多时间里，一直在思考这个问题，现将有关想法写成本篇文字，作为工作档案。

一、关于现代中国的三次社会革命

人类即将送别20世纪，迎来21世纪。20世纪对我们来说，是中华民族觉醒、奋斗并取得胜利，继而开始走向振兴的世纪。

从1921年7月1日中国共产党成立之日起，以毛泽东为代表的中国共产党人，把马克思主义基本原理和中国革命的具体实践相结合，找到了中国革命取得成功的道路，提出了通过新民主主义革命走向社会主义的战略。在马克思列宁主义、毛泽东思想指引下，中国共产党领导全国各族人民，经过28年的艰苦奋斗和流血牺牲，终于推翻了压在中国人民头上的“三座大山”，把一个贫穷落后的旧中国变成了社会主义新中国，这是中国历史上最伟大的翻天覆地的革命。可以说，这是现代中国的第一次社会革命。这次社会革命主要是以政治的社会形态的飞跃——政治革命而引发的社会革命。而政治革命必然引起经济的社会形态和意识的社会形态的变革。所以，这次社会革命的结果是政治上建立了社会主义制度，理论上确立了马克思列宁主义、毛泽东思想的指导地位，经济上打破了半封建半殖民地社会的生产关系，逐步建立起社会主义新型生产关系，使中国劳动人民的积极性得以发挥，社会生产力获得解放。从这个意义上说，现代中国的第一次社会革命是解放生产力的社会革命。

以毛泽东为核心的党的第一代中央领导集体，在新中国成立后，又领导全国人民开始了新的长征，积极进行中国社会主义建设和现代化道路的探索，这是一项

① 由钱学森、于景元、涂元季、戴汝为、钱学敏、汪成为、王寿云同志1994年联合撰写，收录于《创建系统学》，山西科学技术出版社2001年11月出版。

更为复杂、更为艰苦的伟大事业。当时唯一能够借鉴的是苏联的社会主义模式，但毛泽东敏锐地觉察到它并非十全十美。他在《论十大关系》和《正确处理人民内部矛盾问题》这两篇著作中指出，社会主义社会的基本矛盾仍是生产关系和生产力之间的矛盾，是上层建筑和经济基础之间的矛盾；我们的根本任务已由解决生产力变为在新的生产关系下面发展生产力。他还提出了许多关于中国社会主义建设的重要理论和观点。党的“八大”明确指出，社会主要矛盾已不再是无产阶级和资产阶级的矛盾，而是人民对经济文化迅速发展的需要同不能满足这种需要之间的矛盾。这样，就自然要把全党的工作重点转移到以经济建设为中心、大力发展生产力上来。所有这些都反映出我们党第一代领导集体，为突破苏联僵化模式，探寻中国社会主义建设道路的正确思想。可以设想，如果真正沿着这条路线走下去，中国的面貌同以后的实际情形将会大不相同。可惜，从1957年反右斗争扩大化开始，逐渐发生了“左”的倾向。“以阶级斗争为纲”代替了以经济建设为中心，而且愈演愈烈，一直发展到“文化大革命”的十年动乱，造成了空前的灾难，错过了发展经济的大好历史时机，未能取得本来有可能达到的更大成就。而恰恰在这段时间内，外部世界的一些国家兴起了技术革命，经济上快速发展。有些原来经济水平和我们相差不多的国家和地区，却进入了经济起飞阶段，并取得很大成功。

从今天来看，在现代中国的第一次社会革命以及后来对社会主义现代化建设的探索中，无论是成功的经验还是失败的教训，都是十分宝贵的财富，它从正反两个方面为现代中国的第二次社会革命创造了条件。

1978年，中国共产党十一届三中全会实现了具有深远历史意义的伟大转折，掀开了中国历史的新篇章。邓小平同志根据马克思主义的基本原理，把发展生产力确定为社会主义的根本任务。他指出：“社会主义的本质是解放生产力，发展生产力，消灭剥削，消灭两极分化，最终达到共同富裕。”这是对马克思主义理论的重大发展，它为解决中国这样经济文化比较落后的国家如何建设社会主义，如何巩固和发展社会主义等一系列基本问题指明了方向，开辟了道路。正是在这些思想和理论指导下，形成了以经济建设为中心，坚持四项基本原则，坚持改革开放的党的基本路线，从而确立了中国实现社会主义现代化的道路。江泽民总书记指出：“在中国历史发展的这个重要阶段，邓小平同志把马克思主义基本原理同中国实际和时代特征结合起来，继承和发展了毛泽东思想，以开辟社会主义建设新道路的巨大政治勇气和开拓马克思主义新境界的巨大理论勇气，集中全党和全国人民的智慧，创造性地提出了建设有中国特色社会主义理论。”这个理论为我们党举起了一面引导全国各族人民迈向21世纪的伟大旗帜，开始了现代中国的第二次社会革命，即发展生产力的社会革命。

改革开放是发展社会生产力和实现社会主义现代化的必由之路，是社会主义制度自我完善和发展的正确途径，因而是取得中国第二次社会革命成功的关键。通过经济体制、政治体制、文化体制、科技体制、教育体制等的改革，我国社会生产力有了飞跃发展，取得了举世瞩目的巨大成就。党的十四届三中全会提出建立社会主义市场经济体制，标志着我国的改革开放进入了一个新阶段，在改革和发展两个方面，都将上一个新台阶。目前，我国人民正在以江泽民同志为核心的党的第三代中央领导集体的领导下，抓住机遇，深化改革，扩大开放，促进发展，保持稳定，为在本世纪末初步建成社会主义市场经济体制，实现邓小平同志提出的达到小康的第二步发展目标而努力奋斗。到建党100周年时，我们将建成成熟的社会主义市场经济体制，到下个世纪中实现第三步发展目标，即基本实现社会主义现代化。到那时，现代中国第二次社会革命的目标和任务才算基本完成。这次社会革命的结果是经济上建立了社会主义市场经济体制，并进入发展生产力的新阶段，大大推动了社会主义物质文明建设；政治上巩固和发展了社会主义制度；思想上坚持和发展了马克思列宁主义、毛泽东思想，创立了建设有中国特色社会主义理论。社会主义精神文明建设和政治文明建设水平都将有更大的提高。一个富强、民主、文明的社会主义中国将屹立在世界东方。

现代中国第一、二次社会革命的成功将充分证明，马克思列宁主义、毛泽东思想和邓小平的建设有中国特色社会主义理论，都是革命和建设的真理，任何时候都必须坚持。但事物总是不断变化和发展的，历史也是不断演进的，20世纪科学技术的飞速发展，正孕育着21世纪的重大突破。根据现在已经出现的许多苗头，可以预料，在即将到来的21世纪，由于信息技术、生物工程和医学、人体科学的发展，将导致相继并在一定时间段重叠出现的人类历史上三次新的产业革命，这三次新的产业革命结合在一起，将开创人类社会生产力创新发展的新阶段，它必将引起经济的社会形态的飞跃发展，同时还要引起政治的和意识的社会形态的变革，最后导致现代中国的第三次社会革命，也就是创造生产力的社会革命。

概括起来说，现代中国已经经历和将要经历的社会革命是：

第一次社会革命是从政治革命入手，解放生产力的社会革命；

第二次社会革命是以经济建设为中心，发展生产力的社会革命；

第三次社会革命是以新的产业革命为先导，创造生产力的社会革命。

基于以上认识，下面对21世纪将出现的三次新的产业革命以及由此引发的现代中国第三次社会革命做进一步探讨。这些虽是21世纪中叶的事，但我们现在就应在理论上进行探索和研究，为迎接21世纪的到来做好思想准备，以免重犯第一次社会革命以后，即50年代末至70年代中期的挫折和错误。

二、21世纪相继出现的三次新的产业革命和组织管理革命

马克思主义关于科学技术对生产力发展、生产关系变革以至社会革命的重大影响的思想，是唯物史观的基本内容。邓小平提出科学技术是第一生产力的论断，是对唯物史观的重大发展。根据这种唯物史观，我们认为，科学革命是人认识客观世界的飞跃，技术革命是人改造客观世界的飞跃，而科学革命、技术革命又会引起经济的社会形态的飞跃，这就是产业革命。在人类历史上已出现过第一、二、三、四次产业革命，正面临的是第五次产业革命，还将出现第六次和第七次产业革命。

（一）第五次产业革命

以微电子、信息技术为基础，以计算机、网络和通信等为核心的信息革命，就是我们正面临的第五次产业革命。

18世纪末，由于蒸汽机的出现所引发的人类社会的第三次产业革命（即一般所说的工业革命），开创了人=机结合的物质生产体系，由于机器动力的驱动使生产力大为发展。在今天的第五次产业革命中，由于计算机、网络和通信的发展与普及，将使劳动资料的信息化、智能化程度大大提高，这又将开创新一代的人–机结合劳动体系。它标志着现代社会生产已由工业化时代进入到信息化时代，世界经济也开始从工业化经济逐步向信息经济转变，知识和技术密集型产业将成为创造社会物质财富的主要形式。因而在产业结构上，除了原来的第一、二、三产业外，又创立了第四产业，即科技业、咨询业和信息业；第五产业，即文化业。在就业结构上，从事一、二产业的人数在劳动就业总人数中所占的比例不断下降，而从事第四产业的人数比例则不断上升。计算机和通信网络的结合和普遍使用，不仅改变着人们的生产方式和工作方式，大大提高了物质生产力；而且改变着人们的研究方式、学习方式、生活方式和娱乐方式，计算机软件也成为人类文化的组成部分之一，开创了人–机结合的精神生产力，从而最终消灭人类历史上形成的体力劳动和脑力劳动的差别。

（二）第六次产业革命

20世纪70年代末80年代初，相继出现了重组DNA技术、动植物细胞大规模培养技术、细胞和原生质体融合技术、固定化酶（或细胞）技术等现代生物技术，开创了工农业生产发展的新途径，为人类解决当今所面临的食物、健康、能源、资源和环境等一系列重大问题提供了强有力的技术手段。

经过多年来的发展，生物技术在农、林、牧、渔业，医药工程，轻工食品等领

域，都有了很大发展，取得了一批重要成果，有些已应用到实践之中。如用生物技术产生新的动植物品种，提高粮食和肉、鱼、奶的产量和质量，如培育蛋白质含量高的小麦新品种；抗病、抗虫和富含高蛋白的蔬菜新品种；耐旱、耐盐碱且含高蛋白的牧草新品种；培育抗病、抗寒新鱼种及高级牛、高级羊（羊毛质量高）、超级猪和鸵鸟，等等。总之，以微生物、酶、细胞、基因为代表的生物工程，到21世纪将发展为以动植物工程、药物和疫苗、蛋白质工程、细胞融合、基因重组等为核心的生物工程产业，它的产业化将创造出高效益的生物物质，从而引发一次新的产业革命。这次产业革命的实质是以太阳光为能源，利用生物（动物、植物、菌类）、水和大气，通过农、林、草、畜、禽、菌、药、鱼，加上工、贸等，形成新的知识密集型产业，即开创了大农业产业，它包括农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业。这不仅是劳动对象的拓广，而且还将以集信息、金融、管理、科技、生产，加上工、商、贸于一体的集团公司体制运作。这样发展起来的第一产业（农业）和第二产业（工业）除生产产品不同外，在生产方式上已无实质性差别，即工业和农业之间的差别消灭了，两者结合起来成为物质资料产业。

此外，从第六次产业革命的内涵来看，它主要不是发生在大城市，而是发生在农村、山村、渔村和边远荒漠地带。随着这一产业革命的发展，这些地方也都将改造成小城镇。目前在我国已有了这样一些苗头，如大邱庄、华西村等。因而，第六次产业革命的另一个直接社会效果是将消灭几千年来人类历史上形成的城市和乡村的差别。

民以食为天，这个伴随人类生存的重要而又不可或缺的问题，到了21世纪，随着第六次产业革命的到来，也将发生革命性的变化，即饮食业革命。由于人体科学的建立和发展，将能确定人在不同年龄、不同性别、不同生活条件下的合理营养需求结构。再加上生物技术大大拓广的饮食原料，完全可以运用营养科学设计出各种人所需要的多种多样的饮料和食品，并采取工业生产方式加工生产，形成真正的快餐业。所谓快餐业就是烹饪业的工业化，即把古老的烹饪操作用现代科学技术和经营管理技术组织得像大规模工业生产那样，形成烹饪产业（Cuisine Industry）。其运作方式是从原料的生产、初加工到精加工，加上与之相关的供销渠道以及相辅的金融业等结合在一起，形成配套运转的企业或公司集团。这就是21世纪的饮食产业，是人类历史上有关“吃”的一次革命，是第六次产业革命的深化和发展。这次革命的结果，将把人从几千年来的家庭厨房操作中解放出来，大大改变人们的生活方式。

（三）第七次产业革命

人体科学（包括医学、生命科学等）在21世纪将有巨大发展。人体功能的提高，将使生产力三要素中最重要、最活跃的劳动力素质大大提高，其影响将渗透到

各行各业，这无疑又将引发一次新的产业革命，这就是涉及人民体质建设的第七次产业革命。

人体的保健和治病，需要靠生物学、生理学、病理学等生命科学提供的科学理论。但这对于确定病人身体状态并设计出改进和纠正到健康状态的治疗措施来说，是不够的，还需要对人体整体状态的了解，即对人体功能态的认识。认识人体功能态目前主要靠实践经验。医生们依靠临床经验，逐渐总结出一套个人“心得”。这是临床医生的感性认识，各有一套，形成不了总的“医理”。以至临床误诊往往成为不可避免的现象。根据尸体解剖，证明误诊率约达1/3；有的医学统计提出，罕见病的误诊率竟高达60%以上。所以对于人体这样一个开放的复杂巨系统来说，单靠传统的还原论方法是不能彻底解决问题的，必须再加上系统科学中发展起来的从定性到定量综合集成方法，把中医、西医、民族医学、中西医结合、体育医学、民间偏方、气功、人体特异功能、电子治疗仪器等几千年来人民防病治病、健身强体的实践经验综合集成起来，总结出一套科学的全面的现代医学，即综合集成医学。这个医学包括治病的第一医学、防病的第二医学、补残缺的第三医学以及提高人体功能的第四医学。这样，就可以真正科学而系统地进行人民体质建设了，人民体质和人体功能都将大大提高。

建立综合集成医学的核心措施，是利用第五次产业革命发展起来的信息技术，建立医疗卫生信息网络。利用这个网络可以做到：

（1）收集古今中外医案，按病人的身体测试数据及病情和性别、年龄等分类，建立信息资料库；

（2）能根据输入的病人情况，给出治疗方案的建议；

（3）能与临床医生进行人-机对话，以便确定治疗方案。

这个网络可以对病人进行完整、有效、快速的测试，而医生则可以用人-机结合方法，对病人实施综合治疗。

在建立和利用这个网络的同时，还要不断使网络扩充和改进，吸收新的医疗经验，加强它的功能。同时，还要培养培训新型医生，即能与医疗卫生信息网络进行人-机对话的“综合医生”或“全面医生”，他们能依据人-机对话结果确定治疗方案（包括中药、西药、手术、针灸、按摩推拿等各种手段）。显然，按照这样的医疗方式，就必须改造现有医院的组织体系结构，建立新型医院和新的医疗卫生体制。这就为医疗卫生事业的革命开辟了新的道路。

（四）组织管理的革命

技术革命以及它所引发的产业革命，对组织管理问题提出了更高的要求。形象地说，这犹如随着硬件的革新，计算机技术的发展，必须有相应的软件跟上才行。

系统科学是本世纪中叶兴起的一场科学革命，而系统工程的实践又将引起一场技术革命，这场科学和技术革命在21世纪必将促发组织管理的革命。

在20世纪六七十年代，我国首先在航天领域倡导系统工程的组织管理，并在实践中取得成功。由此我们又将这一思想推广到社会，提出了社会系统工程的概念。为了实现社会系统工程，我们提出建立国家社会主义建设总体设计部的建议，江泽民总书记在1991年“三八”节那天还专门召集政治局常委会议，听取了我们的汇报。总体设计部由多部门、多学科的专家组成，在以计算机、网络和通信为核心的高新技术支持下，对社会主义现代化建设的各种问题，进行总体分析、总体论证、总体设计、总体规划、总体协调，提出具有可行性和可操作性的配套的解决方案，为决策者和决策部门提供科学的决策支持。到80年代，我们注意到中央领导同志经常提到改革是一项极其复杂的系统工程。这就是说，社会系统远比任何工程系统复杂得多，运用处理简单系统，甚至简单巨系统的方法，不能解决社会系统的问题。在研究了社会系统、人体系统、人脑系统等的基础上，我们又提出了开放的复杂巨系统概念及其方法论，即“从定性到定量综合集成法”，后来又发展到“从定性到定量综合集成研讨厅体系”的思想。这是把下列成功的经验和科技成果汇总起来的升华：

（1）几十年来学术讨论会（Seminar）的经验；

（2）从定性到定量综合集成方法；

（3）C3I及作战模拟；

（4）情报信息技术；

（5）人工智能；

（6）灵境（virtural reality）技术；

（7）人-机结合的智能系统；

（8）系统学；

（9）“第五次产业革命”中的其他各种信息技术；

……

这个研讨厅体系的构思是把人集成于系统之中，采取人-机结合，以人为主的技术路线，充分发挥人的作用，使研讨的集体在讨论问题时互相启发，互相激活，使集体创见远远胜过一个人的智慧。通过研讨厅体系还可把今天世界上千百万人的聪明智慧和古人的智慧（通过书本的记载，以知识工程中的专家系统表现出来）统统综合集成起来，以得出完备的思想和结论。这个研讨厅体系不仅具有知识采集、存储、传递、共享、调用、分析和综合等功能，更重要的是具有产生新知识的功能，是知识的生产系统，也是人-机结合精神生产力的一种形式。

系统科学、系统工程和总体设计部，综合集成和研讨厅体系紧密结合，形成了从科学、技术、实践三个层次相互联系的研究和解决社会系统复杂性问题的方法论，它为管理现代化社会和国家，提供了科学的组织管理方法和技术，其结果将使决策科学化、民主化、程序化以及管理现代化进入一个新阶段。

面向21世纪，三次产业革命，再加上系统科学、系统工程所引发的组织管理革命，将把中国推向第三次社会革命，出现中国历史上从未有过的繁荣和强大。

三、现代中国的第三次社会革命

根据马克思提出的社会形态概念，我们认为，任何一个社会都有三种社会形态，即经济的社会形态、意识的社会形态、政治的社会形态。这就是一个社会的三个侧面，它们相互联系、相互影响并处在不断变化之中。飞跃式变化就是我们常说的革命。相应于经济的社会形态的飞跃是产业革命，相应于意识的社会形态的飞跃是文化革命，而相应于政治的社会形态的飞跃则是政治革命。社会革命是指整个社会形态的飞跃，所以，产业革命、文化革命、政治革命都是社会革命。

结合我国社会主义现代化建设，相应于这三种社会形态有三种文明建设，即物质文明建设（经济的社会形态），包括科技经济建设、人民体质建设；精神文明建设（意识的社会形态），包括思想建设和文化建设；政治文明建设（政治的社会形态），包括民主建设、法制建设和政体建设。国家和社会的发展还要受到所处地理环境的影响，我国社会系统环境建设就是社会主义地理建设，包括基础设施建设、环境保护和生态建设。这样，我国社会主义现代化建设包括了上述三个文明建设和地理建设，共四大领域，九个方面。其中科技经济建设是中心。这就是我国社会主义现代化建设的系统结构。

到21世纪中期，中国大地出现的第三次社会革命，不仅是第一、第二次社会革命的继续和发展，而且迎着现代科技革命的新潮流，在三次新的产业革命的推动下，脑力劳动和体力劳动差别、城乡差别、工农差别在逐步消失。人的思想觉悟、科技文化知识、身体状况和人体功能都会有很大提高，各种创造发明将层出不穷，使中国进入创造生产力的新阶段。这不仅极大地促进了社会主义物质文明建设、精神文明建设、政治文明建设，而且使三个文明建设之间以及地理建设进入了协调发展时期；这必将使中国由社会主义初级阶段进入到发达阶段。综合起来可以看出，现代中国第三次社会革命的主要特点是：

（一）社会主义物质文明建设将有巨大发展

经过第五次产业革命在劳动资料方面的迅速进步，第六次产业革命在劳动对象

上的拓广，第七次产业革命在劳动者素质上的全面提高，再加上组织管理革命所提供的科学的组织管理，所有这些因素融合在一起，就能更有效地把生产力中各要素有机结合起来并合理配置，使生产的效率和效益将有飞跃发展，社会生产力发生史无前例的巨大进步，科技经济建设、人民体质建设都进入一个新阶段，社会物质财富也大大丰富起来，人民的生活水平也将有很大的提高。如果说中国第一次社会革命使中国人民站立起来了，第二次社会革命使中国人民发展起来了，那么第三次社会革命将使中国人民更富裕起来、更充实起来、更聪明起来和更文明起来了。

在第三次社会革命中，人的主导作用将充分发挥，既是体力劳动者，又是脑力劳动者，既是科技人员，又是文艺人。人的聪明、才智都将得到充分发挥，而且积极性也将空前高涨。在这个阶段上，真正实现和发挥科学技术是第一生产力的巨大作用，持续的技术创新成为推动经济发展的主要动力和源泉，科技业将成为国民经济的带头和主导产业，实现把整个国民经济建立在依靠持续的科技进步和高水平劳动者素质的基础之上。

整个经济进入到发达的社会主义市场经济阶段，这将是一个完善、灵活和充满生机的体制。宏观上国家调控，微观上是集团公司管理和经营。为最大限度地满足人民的需要，不仅要跟踪市场，还能把人民潜在需要明朗化，并与各种高新技术相结合，以更新的产品去创造市场。这就是说，在创造生产力阶段，生产不仅具有快速、准确跟踪市场的能力，而且还有超前预见去创造市场的能力。

在就业结构上也发生了很大变化：直接从事物质资料生产（一、二产业）的人员将减少，占一线就业人员的20%左右，从事服务业（三、四、五产业）的人员占40%左右，从事科学技术的人员占15%左右，从事文学艺术的人员占15%左右，政府、解放军及事业（包括教育）人员占4%，而从事司法的人员占6%，形成一个小政府大社会的组织结构。中国发达的社会主义市场经济，生产的数量、质量、速度和效益都将大大超过我国的过去，也将高于其他国家，走在世界的前列。

（二）社会主义政治文明建设将更加完善

新的三次产业革命，推动政体建设、法制建设和民主建设，将引起一次政治的社会形态的变革。这场变革的核心是建立起与创造生产力相适应的生产关系和上层建筑。这种生产关系和上层建筑，不仅能适应和推动创造生产力的发展，而且随着这种生产力的发展，具有自我调整、自我组织的能力，以适应和推动生产力的持续发展。

管理国家、管理社会，总的原则是“宏观控，微观放”。按照这个原则，在政体建设上，将弱化政府的直接控制，强化人民自己各种组织的作用，尊重人民，相信人民是历史的创造者。在弱化直接控制的同时，要加强政府的间接调控，要从总

体上研究和解决社会系统的新问题，这就要用系统科学、系统工程、从定性到定量综合集成法及综合集成研讨厅体系，并用总体设计部作为决策的咨询和参谋机构，中央、地方和部门都有自己的总体设计部，构成一个总体设计部体系；这就保证了决策科学化、民主化、程序化，使国家和社会的管理进入现代化阶段。同时，大大发展起来的计算机、通信网络技术，使我们有可能建立起人民意见反馈网络体系、中央集权的行政网络体系和全国法制网络体系，把它们和综合集成研讨厅体系结合起来，就能把我党传统的一些原则、方法，如从群众中来、到群众中去，民主集中制等科学完美地实现了。这样，国家的宏观调控就可以做到小事不出日，大事不出周，最难最复杂的问题也不出月，就能妥善而有效地解决，正确而又灵敏。随着法制系统工程的实施，法制建设的发展，国家和社会各个领域都将法制化，我国将成为一个发达的法制国家，以保证社会长期稳定与安定。同时充分发扬社会主义民主，形成如毛泽东同志所说的一个又有集中又有民主，又有纪律又有自由，又有统一意志，又有个人心情舒畅、生动活泼那样一种政治局面。

另一方面，我国是社会主义国家，热爱世界和平，我们将严格遵守和平共处五项原则，团结一切可以团结的国家和人民，维护正义，保卫和平。因此，我国国家的作用仍然是：①对外防止敌人入侵，建立起用高科技武装起来的现代化国防力量，使新型的解放军越过机械化军队阶段，成为一支精干的信息化军队，这是21世纪国际斗争和竞争环境所需要的。同时，加强国际竞争和斗争的战略、策略、战术的运筹，使我国永远立于不败之地。②对内维持社会秩序，强化司法工作，组织管理社会主义物质文明、精神文明和政治文明的各项建设工作。

（三）社会主义精神文明建设将达到更高水平

三次产业革命的到来也将引起意识的社会形态的变革，形成一次真正意义上的文化革命（其含义绝不同于“无产阶段文化大革命”），推动社会主义精神文明建设向更高境界发展，创造出更多更高水平的精神财富，满足人民的精神需要。

科技队伍的加强，科学技术的进步，文艺队伍的加强和文学艺术的繁荣都是史无前例的。我们提出的现代科学技术体系必将大大丰富和发展，使我们对世界的认识越来越全面，越来越深刻，改造世界的能力也越来越强。科学、教育、文化、艺术日益紧密结合起来，互相促进、互相渗透，向更高层次和水平发展。科学技术的发展为文学艺术提供了新手段，产生出新的文艺形式。同时，我国五千年辉煌的文学艺术传统也将结合最新科技成果，发扬光大！社会主义中国要把全世界全人类的智慧和精华统统综合集成起来。

在这次文化革命中，另一个革命性的变化是大成智慧教育的兴起。信息文化教育网络的建立，小孩子一入学就学会使用智能化终端机，采用人-机结合的教育

和学习方式，不仅能大大缩短学习时间，而且理、工、文相结合的教育体制也将形成。这就有可能进行全才教育，使人越来越聪明，情操越来越高尚，达到全才与专家的辩证统一。另一方面，大成智慧学的产生，将大大丰富我们的思想。我国唯心主义哲学家熊十力曾提出过人的智慧的两个方面："性智"与"量智"，我们可以学马克思当年把黑格尔的客观唯心主义倒过来，并创建了辩证唯物主义的方法，把人们从实践总结出来的智慧，在文化艺术方面的称为性智，在科学技术方面的称为量智，而且把性智和量智真正统一和结合起来，这将在世界观、方法论以及思维上丰富了马克思主义哲学。大成智慧学也将使哲学教育大大普及，其意义和影响将是十分深远的。

（四）地理建设将进入协调发展的新阶段

三次产业革命引发的第三次社会革命，使中国社会系统内部进入了持续、协调发展的时期，社会主义物质文明、精神文明和政治文明建设都有了飞跃发展，这三次产业革命以及三项文明建设的巨大成就又大大促进了我国社会系统的环境——地理系统的建设，使我国社会主义地理建设进入了新阶段，社会系统和地理系统之间也进入了持续协调发展的新时期，地理建设又为我国社会主义文明建设持续稳定地发展提供了物质基础。

通过环境保护、生态建设和基础设施建设以及地理系统工程的组织管理，在以下几个方面都将达到新的水平。

（1）环境保护和绿化　在创造生产力阶段，人们已有能力把工业化阶段造成的气体、液体、固体、噪声等污染降到最低限度进行根本治理。同时现代大农业的发展，大规模植树造林，把森林覆盖率提高到50%以上，草产业、沙产业的发展，从根本上解决了水土流失、土壤盐碱化、沙漠化等问题，使戈壁沙漠变成绿洲，我国的环境保护和生态建设进入了新阶段。

（2）资源系统建设　地下资源（包括深层地下资源）、地面资源、海洋资源和空间资源都能得到合理开发利用和保护。大规模南水北调工程的实施，将使水资源得到合理开发和充分利用，彻底解决北方干旱缺水问题。同时还要开发海水淡化技术，解决诸如大连市这样临海城市的严重缺水问题。此外垃圾行业作为一个产业部门（在第二产业中）的建立和发展，不仅解决了环境污染问题，还能达到资源永续。

（3）能源系统建设　可再生和清洁能源，如水电、风电、日光电、生物电等，将有极大发展。

（4）自然灾害防治　在自然灾害的监测、预报水平上的提高，在防灾、救灾能力上的增强，能使我们对自然灾害的斗争进入主动状态。

（5）城镇及居民点建设　在第三次社会革命中，已消除了工农业差别和城乡差

别，特别是通过“山水城市”建设，使生活园林化，我国城镇及居民点建设也将因此而达到新水平。

（6）综合交通运输体系和现代信息通信业的建设　以铁路、公路、河运、海运、航空运输、管道运输等为主体的现代综合交通运输体系，用高新技术装备起来，将进入现代化水平，这种高度发达的立体交通运输网络对社会生产和人民生活将带来极大的方便；第五次产业革命将极大推动现代信息通信业建设，使我国的信息通信业达到现代化水平。现代计算通信网络和现代交通运输网络使信息流、物质流畅通无阻，使人与人之间、单位与单位之间、省与省之间的距离“近”了，整个国家变“小”了，而人的作用则变“大”了。

许多在第一、第二次社会革命中无法解决的问题，在第三次社会革命中得到了彻底解决，如所谓的“轿车文明”问题。人们的生活、工作需要轿车，但过多的轿车又带来污染、噪声和交通拥挤，这也是一直困扰现代发达国家的问题。但在中国第三次社会革命中，这类问题是可以解决的。首先由于第五次产业革命的发生，使多数劳动者可以通过信息网络在家办公和劳动，不用外出乘车了；其次，由于建设“山水城市”和生活园林化，在一个建筑区中，中小学校、商店、医疗中心、文化场所及其他服务设施都已具备，人走路可达，不用坐车；而建筑小区之间的林草花木公园，人们可以休息散步，锻炼身体。远离小区的必要出差、访友、游玩，又有城镇的高效公共交通网可用，需要去更远的地方，还有民航、高速铁路、水路等现代交通运输网可以使用。这就使我们没有必要去走今天发达国家那种发展家用小轿车的道路，因而也就避免了“轿车文明”所带来的社会问题。

（7）中国人口问题将会得到解决　在第三次社会革命中，中国的人口控制问题，由于人民物质生活和文化水平的提高，各种社会保障体系的建立和完善，必将取得巨大成就。到21世纪中叶，我国人口规模可稳定在15亿左右，妇女生育率保持在临界生育水平上，人口发展进入了零增长状态。由于第七次产业革命的推动，中国人口质量也将大大提高，人口年龄结构也会进入合理分布状态。

地理建设的巨大进展，大大促进了人与自然之间的协调发展，也就是实现了人口、经济、社会、资源和生态环境的协调发展，使中国进入了可持续发展的新阶段。

四、世界社会形态

今天，由于第五次产业革命的推动，世界范围内的市场经济发展，经济上全球一体化趋势日益增强，世界正逐渐形成一个相互联系的大社会，哪个国家也不能

闭关自守。另一方面，从世界各国情况看，在经济上有发达国家、发展中国家、不发达国家，在政治上有社会主义国家、资本主义国家、封建主义国家，在意识形态上有以马克思列宁主义居统治地位的国家、以资产阶级自由民主观念居统治地位的国家、以各种不同宗教信仰居统治地位的国家等。这将是资本主义社会形态之后，实现共产主义之前的一种过渡的世界社会形态。它将打破地区、国家的界限，在促进全球经济一体化的同时，也会一步一步地向政治一体化的方向发展。在这个阶段上，由于三次社会革命成功的推动，中国已经强大起来，人们从中国的发展和繁荣中看到了社会主义的优越性，社会主义将战胜资本主义，人类最终将走向世界大同的共产主义社会！

选自《钱学森文集》卷六，第341～356页，国防工业出版社，2012年1月第1版。

创新思维

——微观与宏观的结合①

我近读中国科学院路甬祥、陈鹰写的三篇讲“人·机一体化系统”的文章，颇受启发，想到思维科学与计算机信息网络是一个什么样的关系。

（1）我们要进一步搞清什么是思维科学。现在我想，所谓感觉是神经心理学要研究的领域；而更上一层的所谓感受和知觉，则是精神学的研究领域。我过去讲的社会思维学，实际上是研究人在集体讨论中所触发的大脑激化状态下的思维，它主要是神经心理学和精神学的事；人通过感觉和知觉获得了信息，而处理所获得的信息，那才是思维科学的研究课题。

（2）这就说明思维科学是研究“处理信息”的规律，而不是研究如何“获得信息”的。

（3）这样，思维科学的任务就是怎样处理从客观世界获得的信息，包括玻普尔的“第三世界”②，这是个非常重要的信息源、信息库，以获得改造客观世界的知识。处理可以只是人干，也可以人·机结合③起来干。

（4）这样看来，思维科学就只有三部分：逻辑思维——微观法；形象思维——宏观法；创新思维——微观与宏观结合。创新思维才是智慧的泉源，逻辑思维和形象思维都是手段。到今天，人们对逻辑思维研究得最深，对形象思维只是有了个开端，而对创新思维则尚未起步。我过去说的灵感（顿悟）思维，其实就是创新思维。

（5）有了吴文俊的工作，看来逻辑思维的任务可以交给计算机去干。而对形象思维的计算机化才刚刚开始，现在主要靠人来做。至于创新思维，在今天只能靠人了。当然，人在思维过程中离不开信息网络。所以，在当今的信息时代，只有将人与计算机信息网络结合起来，对一切有关的知识和信息进行综合集成，才能产生创新思维的成果，做到古人所说的“集大成，得智慧”。这就是我提出的大成智慧工程和大成智慧学。

选自《钱学森文集》卷六，415～416页，北京，国防工业出版社，2012年1月第1版。

---

① 收录于科学出版社《科技创新院士谈》（下），2001年出版。

② 英国的科学哲学家卡尔·玻普尔提出“三个世界”的观点。他所谓的“第一世界”是客观世界；“第二世界”是人的精神世界；而“第三世界”则是人类积累的知识世界。

③ 这里的“人·机结合”，是指人和计算机结合。

后　记

在《钱学森论大成智慧》出版之际，作为编者，有些问题需要向读者做个交代。

一、缘起

钱学森研究中心北京中心近半年多来，曾经多次讨论钱学森的大成智慧问题。为给大家提供钱老关于大成智慧问题的原始文献，6月中旬，卢明森根据他接近完成的“钱学森思维科学文选”，将钱老直接阐述大成智慧问题的书信、讲话与文章遴选出来，按照时间顺序编成“钱学森论大成智慧”（资料），将戴汝为、钱学敏探索大成智慧问题的论文索引并各选一篇代表性的文章，作为附录，受到大家的欢迎。鲍世行先生建议将它扩编成一本书出版。于是从9月开始，卢明森根据与鲍世行反复商议的结果，陆续编出一、二、三稿。10月10日，北京中心对第三稿组织一次专题讨论，充分肯定了书稿，建议书名采用《钱学森论大成智慧》为妥，希望尽快完成，争取12月份“纪念钱学森诞辰103周年学术研讨会”前出版。10月17日，白云帆、鲍世行、卢明森再次商议确定，两本书分头进行：《钱学森论大成智慧》由卢明森负责，交上海交通大学出版社；《钱学森大成智慧思想探索》由鲍世行负责，交建筑工业出版社。

二、文献选择的原则和依据

《钱学森论大成智慧》第四稿是在前三稿的基础上，吸取大家的意见后由卢明森修改定稿。由于钱学森的大成智慧思想是他总结“两弹一星”研制经验的基础上，把他先后提出的现代科学技术体系、从定性到定量综合集成法、从定性到定量综合集成研讨厅等系统科学、思维科学思想综合集成起来形成的，是他一生第三次创新高峰的最高成果，单纯地从他直接阐述大成智慧的文献来理解，就太浅薄了。

他不止一次地指出，“要通过现代科学技术体系达到大成智慧”，“大成智慧最核心的概念是现代科学技术体系结构”，“我们的‘大成智慧学’是构建在现代科学技术的基础上的”。因此，我们从他不同时间阐述现代科学技术体系的文献中选择了具有代表性的文献，构成第二、第三编的主要内容之一。从定性到定量综合集成法是大成智慧的方法论，当然，这方面的书信、讲话与论文就成为全书的主要内容之一。从定性到定量综合集成研讨厅、大成智慧工程、大成智慧学虽然是大成智慧的核心内容，因系钱老进入耄耋之年提出的，没有形成论文，只是在一些谈话中阐述过，大多数都是在书信中进行讨论的，因此这些书信就成为理解大成智慧的主要文献。钱学森一直关心教育问题，不同时间都曾论及，大成智慧思想形成后，成为大成智慧教育的主要内容，但也多是在书信中谈论，没有相关论文。总体设计部、社会思维在大成智慧中也是不可或缺的，我们也选择了一些相关文献。

三、注释问题

1、题注：各种讲话，凡是原始出处所加的题注，都照录，用“※”号标注；凡是后来各位编者（包括本书编者）所加的题注，都用“*”号标注。

2、注释：钱老的论文，都有注释或参考文献；钱老的学术报告和重要讲话，发表时都经过他的审阅，也都加了注释或参考文献；只有少数谈话，没有注释或参考文献。所有这样的注释或参考文献，我们都全部照录，只是将原来的尾注一律改成脚注，按文统一编码，都用“[]”中加数字的形式标注。其中，有一些注释是按当时或自己习惯的方式写的，与现在的标准有很大不同，无法按照现在的要求改写；因为这是钱老的原注，一则我们无权更改，二则他所引用的书、刊中有不少我们没有，也无法更改。这一点，希望出版社与广大读者谅解。书信中《钱学森书信》、《钱学森书信补编》所加的“注文”，都在信的末尾照录（没有按注释处理）。我们所加的注释有三种，一是对收信人所加的注释，目的是为读者提供一些背景知识，便于理解信的内容；其中，凡是能够联系上的，都经过本人审阅，无法联系的，希望见到后，能够提出修改意见；有些人无法找到相关资料，希望这些人士见到本书后能够提供资料，以便修订再版时补上。二是文献中涉及的重要事件或人物，根据编者所掌握的资料进行了简单介绍。三是文献中出现的一些笔误或差错，尽我们的能力进行了纠正或说明。凡是我们所加的注释，一律在脚注中用圆圈中加数字的形式标注，以便与原注相区别。

四、致谢

本书选编依据的主要是《钱学森书信》、《钱学森书信补编》、《钱学森文

集》、《创建系统学》、《论系统工程》等著作，只有少数文献是编者30多年来的积累，除在文尾分别注明出处外，特在这里向这些著作的编者表示感谢，没有这些著作，编辑本书是根本不可能的。

钱学森研究中心北京中心对大成智慧问题的关注，是编辑本书的原始动力；在选编过程中，中心给予大力支持，如组织专题讨论，在编者之间进行协调，积极联系、安排出版社等等。可以说，没有钱学森研究中心北京中心，也就不可能有本书。因此，在本书付梓之际，要对中心表示感谢；特别要对中心的主任钱永刚、副主任白云帆表示由衷的感谢！

中心的各位专家，都是70-90岁的老人，为探讨、研究、宣传、发扬钱学森的科学技术思想、爱国精神与高尚品格，尽心竭力，坚持不懈，令人感佩！他们不畏年迈体弱，认真审阅书稿，参加讨论，提出宝贵意见。他们的鼓励、支持与帮助，对编者是重要的鞭策与动力。对于他们，仅仅表示感谢是远远不够的，只有竭尽全力编好此书，才是对他们的最好回报。

这里要特别提出的是20多年的挚友李世煇研究员，虽然已是82岁高龄，仍然认真地审阅了发送给他的第三稿，特别对前言中的一些提法发表了极为珍贵的见解，先后两次写出4000多字的意见。这是多么令人感佩的精神！其中，不仅体现着对钱学森的敬佩、对编者的友谊，尤其可贵的是他能够跳出原来专业的局限，站在更高层次看待大成智慧中的相关理论。对于这种挚友的真知硕见，更不是“感谢”二字所能了结的。

本书的编辑历时50天，留给出版社出版的时间也只有50天，在这么短的时间内完成出版任务该是多么紧迫！因此，我们要对出版社的各位同志由衷地表示诚挚的感谢！谢谢他们为本书的出版、发行所付出的辛勤、紧张的劳动！

五、希望

本书的编辑虽然不是久有的计划，应该算是“临时动议”，之所以能够在短短的50多天内完成，是与30多年来的积累与探索紧密相关的。但是，不管怎么说，毕竟是时间仓促紧迫，再加上我们的学识、经历所限，对于钱学森深邃大成智慧理论的理解很难达到要求，所选的文献遗漏、欠妥甚至错误之处以及编辑、处理不当之处，着实难免，希望广大读者，特别是相关领域的专家、学者，能够提出宝贵的意见，以便进一步修改。

编者

2014年10月19日

本书选录的是国家杰出贡献科学家钱学森院士关于大成智慧思想的书信、讲话与论文，主要内容包括关于现代科学技术体系、从定性到定量综合集成法、从定性到定量综合集成研讨厅、大成智慧工程、大成智慧学、大成智慧教育等问题的文献，是准确、全面理解、掌握原创者大成智慧思想本质与精髓的经典著作。

钱学森论大成智慧

卢明森 鲍世行 编

清华大学出版社

上架建议：学术研究
ISBN 978-7-302-38755-8



9 787302 387558 >
定价：69.00元